

**CRISTIANE HIERT**

**Mecanismos de estruturação de uma comunidade de anuros  
em área de ecótono na Floresta Atlântica**

**Curitiba**

**2014**

**CRISTIANE HIERT**

**Mecanismos de estruturação de uma comunidade de anuros  
em área de ecótono na Floresta Atlântica**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação, Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do grau de Doutor em Ecologia e Conservação.

Orientador: Dr. Mauricio Osvaldo Moura

**Curitiba**

**2014**



Ministério da Educação  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
Setor de Ciências Biológicas  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
ECOLOGIA E CONSERVAÇÃO



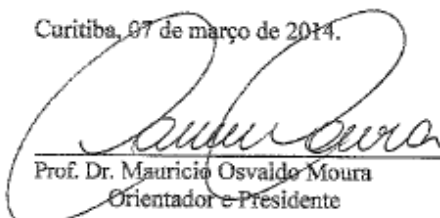
## PARECER

Os abaixo-assinados, membros da banca examinadora da defesa da tese, a que se submeteu **Cristiane Hiert** para fins de adquirir o título de Doutora em Ecologia e Conservação, são de parecer favorável à **APROVAÇÃO** do trabalho de conclusão da candidata.

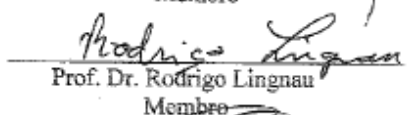
Secretaria do Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação.

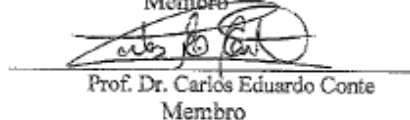
Curitiba, 07 de março de 2014.

BANCA EXAMINADORA:

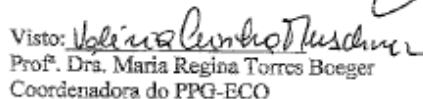
  
Prof. Dr. Mauricio Osvaldo Moura  
Orientador e Presidente

  
Prof.ª Dra. Marília T. Hartmann  
Membro

  
Prof. Dr. Rodrigo Lingnau  
Membro

  
Prof. Dr. Carlos Eduardo Conte  
Membro

  
Prof. Dr. James Joseph Roper  
Membro

Visto:   
Prof.ª Dra. Maria Regina Torres Boeger  
Coordenadora do PPG-ECO

Centro Politécnico – Caixa Postal 19031 – CEP: 81531-990, Curitiba/PR  
Telefones: (41) 3361-1595 – Fax (41) 3266-2042 – [ecologia@ufpr.br](mailto:ecologia@ufpr.br),  
[www.ecologia.ufpr.br](http://www.ecologia.ufpr.br)

As belas histórias sempre começam com "era uma vez...".  
Esta simples frase, formada por três pequenas palavras, tem o poder de nos colocar, de imediato, em transe.  
Imóveis, aguardamos o desenrolar de histórias que nos engrandecem.  
Recordamos muitas outras.  
Compartilhamos.  
Não importa se estivemos presentes, como atores, ou simplesmente ouvimos relatos e, desta forma, nos apropriamos de momentos vividos de maneira tão linda e sutil.  
Que belas histórias uma amizade pode perpetuar?  
Que sentimentos podemos extrair de nossas amizades?  
O que faz da vida esta necessidade de nos ligarmos a pessoas tão essenciais?  
O que é ser especial?  
Às vezes penso que nada se define.  
Conhecemos alguém, mutuamente nos permitimos um fazer parte da vida do outro e, assim, deixamos o tempo fluir.  
Tempo. *Tempus*. O que é o tempo?  
*"A sucessão dos anos, dias, horas, etc., que envolve a noção do presente, passado e futuro"* - definição esta que podemos encontrar em qualquer dicionário.  
E se o tempo é a sucessão dos anos, hoje é o dia de lembrar que há alguns anos uma menininha ruiva nasceu,  
*"E que desde então segue pulsando como um relógio  
num tic tac que não se ouve  
(senão quando se cola o ouvido à altura do seu coração)  
tic tac tic tac"* (Poema sujo - Ferreira Gullar)  
Gravada numa fotografia, aquela menina, de sorriso fácil, cabelos cacheados e rosto delicadamente pontuado por pequenas sardas, cresceu.  
Tornou-se mulher.  
Altiva (no sentido de nobre, digna).  
Tímida, por vezes.  
Dedicada a seus projetos profissionais.  
Sensível.  
Alegre.  
Como todos nós, talvez aquela menina não tenha passado por momentos fáceis quando da transição da infância para a adolescência, e desta, para a maturidade que atingiu.  
Numa sociedade voltada para padrões ditos "normais", aprendeu (talvez sozinha) a trilhar, ou melhor, a criar o caminho que julgou ser correto e necessário.  
Esta mulher conquistou com dignidade sua independência. Conquistou com amor os amigos. É, indiscutivelmente, um elo dentro de sua família.  
E é por isto tudo que eu aprecio belas histórias.  
"Era uma vez (e sempre)... Cris Hiert".

(texto do escritor e meu amigo Luiz Fernando Wollz, em setembro de 2013).

*Dedicada aos meus pais Euclides e Isabel e,  
também, a minha irmã Andrea.*

## AGRADECIMENTOS

Mais do que orientador e professor, o Mauricio está presente em minha vida há quase 15 anos, quando ele era recém doutor e, assim, acompanhamos o crescimento profissional um do outro (em níveis bem distintos, claro). Acredito que a base de nossa relação é a confiança e, por vezes, ele acredita e suporta minhas idéias (Monografia/Dissertação) e, em outras, eu 'compro' seus projetos com toda a convicção (Tese). Essa troca resultou, para mim, em aprendizado, experiência e na minha formação de ecóloga. Obrigada, Chefe, por toda ajuda, paciência e "bagagem científica" que você compartilha conosco. Além de orientador, você é um amigo.

É um privilégio fazer parte do MouraLab! Aos meus colegas de laboratório agradeço pelo companheirismo, respeito, amizade e pelas agradáveis Reuniões Científicas-Etílico-Gastronômicas, traduzindo: churrasquinhos regados a cerveja e bom papo.

Por trás de uma pessoa que está a 28 anos estudando, há uma família que acredita, reza, apóia e espera por suas vitórias. Ao meu pai, Euclides (Seu Kid) agradeço pelo exemplo de força, caráter, simplicidade e bom humor. À minha mãe, Isabel, agradeço pelos ensinamentos, ainda no primário, e pelas constantes orações. À minha irmã Andrea, Remi e aos meus sobrinhos Rafael e Bruno, agradeço por todo o carinho e torcida.

Como agradecer alguém que te acompanhou de perto enquanto você escreveu a tese? Alguém que viu os momentos mais complicados, de negação do trabalho, de análises e teorias que eu desconhecia/desacreditava, dos fantasmas que só eu conheço e enfrento... E foram nestas horas que recebi atenção, carinho, força, convites para correr e extravasar, conversas ecológicas (ou não) e os puxões de orelha necessários. Por isso, Bruna (Bru), você foi a companhia perfeita ao longo deste trabalho e só posso agradecer sendo, também, a companhia ideal durante o seu Doutorado. Como em uma corrida de revezamento, passei o bastão, agora é contigo!

Sou, realmente, abençoada por ter tantos e tão bons amigos com quem posso contar sempre! Seja pra tomar uma cerveja na praia ou para ajudar naquele momento em que

preciso de uma força. Ao longo do Doutorado, como em toda a vida, meus amigos foram fundamentais e me proporcionaram a leveza necessária. São tantas ocasiões e tantas pessoas importantes que seria impossível listar... No entanto, não posso deixar de agradecer pelo período em que precisei de "hospedagem" em Curitiba... Sid, meu amigo, você tem um coração enorme e é um anfitrião maravilhoso! Obrigada por tudo!

Tempestades frequentes, estradas precárias, deslizamento de morro, atolamento, perder-se na mata fechada, frio congelante, granizo, alagamento, caçadores, roubo de armadilhas, pernilongos e jararacas abundantes: são algumas das dificuldades que tive em campo. Por vezes sozinha, mas, normalmente, contei com amigos que me ajudaram muito na execução deste trabalho. A maior companheira de campo: Amandinha! E também Fer Bonetti, Peters, Georgia, Ed, além do Eduardo e da Naiara (alunos da UENP). Apesar dos contratemplos, o campo é sempre uma experiência única e de grande aprendizado e os Mananciais da Serra me proporcionou momento inesquecíveis.

À Companhia de Saneamento do Paraná - SANEPAR - que administra os Mananciais da Serra, por permitir a execução desta pesquisa e, especialmente, à bióloga Ana Cristina pela acessibilidade e auxílio na seleção das áreas de amostragem.

Ao Prof<sup>o</sup> Dr. Carlos Eduardo Conte (Kadu) pelo auxílio na identificação de parte das espécies e, também, pelas considerações e dicas na execução do projeto. Agradeço ao Prof. Dr. Itamar Martins pelo auxílio na identificação das vocalizações. Também agradeço aos professores Dr. James J. Roper, Dr<sup>a</sup> Rosana Rocha e Dr. Marcos Bornschein pelos questionamentos e orientações teóricas ao longo do curso.

À minha instituição Universidade Estadual do Centro-Oeste - UNICENTRO pelos afastamentos concedidos. Agradeço, de forma especial, ao Departamento de Biologia e às chefes Prof<sup>a</sup> Adriana e Prof<sup>a</sup> Rebeca que sempre apoiaram minha capacitação.

Por fim, agradeço ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação, enaltecendo o crescimento deste Programa desde que ingressei no Mestrado, em 2006. Obrigada aos professores e colegas de curso.

## SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	ix
LISTA DE FIGURAS.....	xii
RESUMO GERAL.....	1
GENERAL ABSTRACT.....	2
INTRODUÇÃO GERAL.....	3
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	6

<b>Capítulo 1. SAZONALIDADE E PARTILHA DE NICHOS TEMPORAIS EM UMA COMUNIDADE DE ANUROS DE FLORESTA ATLÂNTICA.....</b>	<b>11</b>
RESUMO.....	12
PALAVRAS-CHAVE.....	12
ABSTRACT.....	13
KEYWORDS.....	13
INTRODUÇÃO.....	14
MATERIAL E MÉTODOS.....	16
<i>Área de Estudo</i> .....	16
<i>Amostragem</i> .....	17
<i>Análise de Dados</i> .....	19
RESULTADOS.....	22
DISCUSSÃO.....	24
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	28

<b>Capítulo 2. DISTRIBUIÇÃO DE ESPÉCIES E PADRÕES DE ESTRUTURAÇÃO ESPACIAL DE UMA COMUNIDADE DE ANUROS EM ÁREA DE ECÓTONO NA FLORESTA ATLÂNTICA.....</b>	<b>51</b>
RESUMO.....	52
PALAVRAS-CHAVE.....	52
ABSTRACT.....	53
KEYWORDS.....	53
INTRODUÇÃO.....	54



MATERIAL E MÉTODOS.....	56
<i>Área de Estudo</i> .....	56
<i>Amostragem</i> .....	57
<i>Análise de Dados</i> .....	58
RESULTADOS.....	61
DISCUSSÃO.....	65
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	70
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	96

## LISTA DE TABELAS

### CAPÍTULO 1

- Tabela 1.** Distribuição temporal da atividade de vocalização das espécies de anuros registradas nos Mananciais da Serra, município de Piraquara, Paraná, durante o período de novembro de 2010 a abril de 2012. Métodos de inventário: (1) amostragem em sítio de reprodução, (2) transecção em ambiente florestal, (3) busca ativa e (4) armadilhas de interceptação e queda. Espécies marcadas com \* não foram registradas em atividade de vocalização..... **36**
- Tabela 2.** Escores das variáveis abióticas no primeiro (PC1) e segundo (PC2) componentes principais, porcentagem de variância explicada pelos componentes e porcentagem cumulativa de variância para a comunidade de anuros dos Mananciais da Serra, Piraquara, Paraná, no período de novembro de 2010 a abril de 2012..... **39**
- Tabela 3.** Escores das variáveis abióticas no primeiro (PC1) e segundo (PC2) componentes principais das principais estações (Fria/Seca e Quente/Chuvosa), a porcentagem de variância do componente principal e sua porcentagem cumulativa, para a comunidade de anuros dos Mananciais da Serra, Piraquara, Paraná, no período de novembro de 2010 a abril de 2012..... **40**
- Tabela 4.** Modelos de distribuição de abundância de espécies para as estações do ano (outono, inverno, primavera, verão) e comunidade total de anuros dos Mananciais da Serra, Piraquara, Paraná, no período de novembro de 2010 a abril de 2012.. A seleção do ajuste dos modelos foi através do critério de Akaike (AIC), desvio e  $\Delta AIC$ , que é a diferença entre o valor de AIC entre o modelo atual e o modelo de melhor ajuste (modelo com menor valor de AIC). Os modelos de melhor ajuste estão em negrito..... **41**
- Tabela 5.** Análise de sobreposição de nicho temporal com modelos nulos para a

comunidade de anuros dos Mananciais da Serra, Piraquara, Paraná, testando se há partilha do recurso temporal ao longo do ano e entre as principais estações (Quente/Chuvosa e Fria/Seca). Para esta análise foram utilizados o índice de sobreposição de Czekanowski e dois algoritmos de aleatorização (RA3 e RA1), com 1000 simulações de Monte Carlo..... **42**

## CAPÍTULO 2

**Tabela 1.** Áreas de amostragem na localidade dos Mananciais da Serra, Piraquara, Paraná, altitude média e ambientes amostrados, com descrição de vegetação, fluxo de água, porção amostrada e método utilizado. Vegetação: herbácea (He), arbustiva (Ar), arbórea (Ab), bromélias (Br) e taboa (Ta). Método: amostragem em sítio de reprodução (1), transecção (2) e busca ativa (3). **78**

**Tabela 2.** Anuros registrados na localidade dos Mananciais da Serra, Piraquara, Paraná, com área e ambiente de registro. Sendo: Floresta Ombrófila Mista (FOM), Floresta Ombrófila Densa (FOD) e transição entre estas duas formações florestais. Dentre os ambientes, foram utilizados: floresta (Flo), brejo (Bre), riacho (Ria), poça (Poç) e pastagem (Pas)..... **79**

**Tabela 3.** Espécies de anura associadas a cada área (formação vegetal) e grupos de formações vegetais nos Mananciais da Serra, Piraquara, Paraná. A fração A indica o grau de especificidade ao sítio de amostragem e a fração B é a frequência relativa de ocorrência da espécie. As probabilidades foram geradas por meio de aleatorização (999 vezes). As áreas correspondem a Floresta Ombrófila Mista (FOM), Floresta Ombrófila Densa (FOD1 e FOD2) e área de Transição..... **81**

**Tabela 4.** Modelos de distribuição de abundância de espécies para as áreas (FOM, Transição, FOD1 e FOD2) nos Mananciais da Serra, Piraquara, Paraná. A seleção do ajuste dos modelos é através do critério de Akaike (AIC), desvio e

$\Delta AIC$ , que é a diferença entre o valor de AIC entre o modelo atual e o modelo de melhor ajuste (modelo com menor valor de AIC). Os modelos de melhor ajuste estão em negrito..... **82**

**Tabela 5.** Espécies de anura associadas a cada ambiente e grupos de ambientes dentro de cada área de amostragem nos Mananciais da Serra, Piraquara, Paraná. A fração A indica o grau de especificidade ao ambiente e a fração B é a frequência relativa de ocorrência da espécie. As probabilidades foram geradas por meio de aleatorização (999 vezes). As áreas correspondem a Floresta Ombrófila Mista (FOM), área de Transição (Transição) e Floresta Ombrófila Densa (FOD1 e FOD2). Já os ambientes são brejo (Bre), floresta (Flo), Pastagem (Pas), Poça (Poç) e Riacho (Ria)..... **83**

**Tabela 6.** Análise de sobreposição de nicho para a comunidade de anuros dos Mananciais da Serra, Piraquara, Paraná, para as áreas de Floresta Ombrófila Mista (FOM), Floresta Ombrófila Densa (FOD1 e FOD2) e área de transição entre as duas formações. Para esta análise foram utilizados o índice de sobreposição de Czekanowski e algoritmo de aleatorização fixo-equiprovável, com 1000 simulações de Monte Carlo. Valores em negrito indicam um maior uso do recurso do que se espera ao acaso..... **85**

## LISTA DE FIGURAS

### CAPÍTULO 1

- Figura 1.** Localização geográfica da localidade dos Mananciais da Serra, dentro do município de Piraquara (canto inferior direito), região leste do estado do Paraná (porção superior), Brasil (canto inferior esquerdo)..... **45**
- Figura 2.** Riqueza (a) e abundância (b) de anuros (média  $\pm$  desvio padrão) entre as estações do ano, na região dos Mananciais da Serra, município de Piraquara, Paraná, no período de novembro de 2010 a abril de 2012. Onde letras diferentes (A, B) indicam diferenças estatísticas, de acordo com a comparação de médias do teste Tukey, *a posteriori*..... **46**
- Figura 3.** Relação entre o primeiro componente principal (PC1) com riqueza (a) e abundância (b) de anuros da região dos Mananciais da Serra, município de Piraquara, Paraná, no período de novembro de 2010 a abril de 2012. Onde: ○ = verão, △ = primavera, × = outono e + = inverno..... **47**
- Figura 4.** Relação entre o primeiro componente principal (PC1) com a riqueza e abundância de anuros na estação Fria/Seca (a e b, respectivamente) e na estação Quente/Chuvosa (c e d, respectivamente), na região dos Mananciais da Serra, município de Piraquara, Paraná, no período de novembro de 2010 a abril de 2012. Onde: ○ = verão, △ = primavera, × = outono e + = inverno..... **48**
- Figura 5.** Ordenação por NMDS (stress = 0.14), representando a dispersão das amostras temporais da comunidade de anuros dos Mananciais da Serra, município de Piraquara, Paraná, no período de novembro de 2010 a abril de 2012, com o agrupamento nas estações do ano, onde: inverno = preto, outono = cinza, primavera = vermelho e verão = azul. As caixas de texto com os nomes das estações constituem os centróides dos agrupamentos..... **49**

**Figura 6.** Frequência relativa (%) do índice de sobreposição de Nicho de Czekanowski, considerando a abundância temporal das espécies de anuros, ao longo de toda a amostragem (**a**) e dentro das principais estações do ano (**b**), para a comunidade de anuros dos Mananciais da Serra, município de Piraquara, Paraná, no período de novembro de 2010 a abril de 2012..... **50**

## CAPÍTULO 2

**Figura 1.** Localização das áreas de amostragem de Floresta Ombrófila Mista (FOM), Transição e Floresta Ombrófila Densa (FOD1 e FOD2) representadas pelas áreas destacadas no mapa, na região dos Mananciais da Serra, município de Piraquara, Paraná. Destaca-se ainda as estradas de acesso (vermelho), represa do Cayuguava (azul) e as trilhas da Caixa do Salto e Ipiranga (linha tracejada)..... **88**

**Figura 2.** Riqueza (a) e abundância (b) de anuros (média  $\pm$  desvio padrão) entre as áreas, na região dos Mananciais da Serra, município de Piraquara, Paraná. Onde letras diferentes (A, B) indicam diferenças estatísticas, de acordo com a comparação de médias do teste Tukey, *a posteriori*..... **89**

**Figura 3.** Análise de agrupamento elaborada a partir da distância de Bray-Curtis, demonstrando a variação de abundância das espécies de anuros nas áreas dos Mananciais da Serra, município de Piraquara, Paraná. Sendo: área de Floresta Ombrófila Mista (FOM), área de Transição e áreas de Floresta Ombrófila Densa Montana (FOD1 e FOD2). O eixo representa os valores de dissimilaridade de Bray-Curtis..... **90**

**Figura 4.** Análise de correspondência sem tendência (DCA), com a distância de Bray-Curtis, demonstrando nos eixos DCA1 e DCA2 o padrão de distribuição da abundância das espécies de anuros entre as áreas (em vermelho) dos Mananciais da Serra, município de Piraquara, Paraná. Sendo: área de Floresta Ombrófila Mista (FOM), área de Transição e áreas de Floresta Ombrófila Densa Montana

(FOD1 e FOD2).....	91
--------------------	----

**Figura 5.** Diagrama de Venn da análise do valor indicador mostrando as espécies de anura associadas a cada área ou formação vegetal (círculos) e grupos de formações vegetais nos Mananciais da Serra, município de Piraquara, Paraná. Sendo Floresta Ombrófila Mista - FOM (linha contínua), Transição (linha pontilhada), Floresta Ombrófila Densa - FOD1 (linha tracejada e pontilhada) e FOD2 (linha tracejada).....

92

**Figura 6.** Distribuição de riqueza (a) e abundância (b) de anuros entre os ambientes de cada área dos Mananciais da Serra, município de Piraquara, Paraná. Sendo: área de Floresta Ombrófila Mista (FOM), área de Transição e áreas de Floresta Ombrófila Densa Montana (FOD1 e FOD2).....

93

**Figura 7.** Análise de correspondência sem tendência (DCA), com a distância de Bray-Curtis, demonstrando nos eixos DCA1 e DCA2 o padrão de distribuição da abundância das espécies de anuros nos ambientes (floresta, poça, riacho, brejo e pastagem), destacados em vermelho, presentes nas áreas dos Mananciais da Serra, município de Piraquara, Paraná. Sendo: (a) área de Floresta Ombrófila Mista (FOM); (b) área de Transição; (c) área de Floresta Ombrófila Densa (FOD1); e (d) área de Floresta Ombrófila Densa (FOD2).....

94

**Figura 8.** Frequência relativa (%) do índice de sobreposição de Nicho de Czekanowski, considerando a abundância de anuros nos ambientes em cada área dos Mananciais da Serra, município de Piraquara, Paraná. Sendo: área de Floresta Ombrófila Mista (FOM), área de Transição e áreas de Floresta Ombrófila Densa Montana (FOD1 e FOD2).....

95

## **RESUMO GERAL**

Os nichos espacial, temporal e trófico são considerados os principais descritores das relações entre as espécies que determinam a estruturação da comunidade em escala local. Em comunidades de anuros, a partilha temporal é associada com os padrões de ocorrência das espécies ao longo do tempo. Por sua vez, o nicho espacial baseia-se na utilização de diferentes ambientes, sendo que ambos os padrões são influenciados por fatores bióticos e abióticos. Dessa forma, este trabalho objetivou avaliar a estruturação de uma comunidade de anuros, com base na distribuição temporal e espacial das espécies. Durante 18 meses consecutivos foram amostradas quatro áreas na localidade dos Mananciais da Serra (estado do Paraná), abrangendo Floresta Ombrófila Mista (FOM), área de Transição e Floresta Ombrófila Densa (FOD1 e FOD2). Cada área foi investigada por uma noite a cada mês, utilizando-se os métodos de amostragem em sítios de reprodução, transecção, busca ativa e armadilhas de interceptação e queda, gerando a riqueza e abundância diária. A comunidade é composta por 41 espécies e tanto a riqueza quanto a abundância variaram entre as estações, com as maiores médias registradas na primavera e verão. As variáveis meteorológicas foram relacionadas com a riqueza e abundância. Existe partilha de nicho temporal dentro das principais estações climáticas (fria/seca e quente/chuvosa). Espacialmente, observou-se que 28 espécies ocorreram em FOD (23 em FOD1 e 21 em FOD2), seguidas de 24 na área de FOM e 20 anuros na área de Transição. As estimativas de riqueza e abundância variaram entre as áreas, sendo que as maiores médias foram observadas na FOM. Através da análise de agrupamento e da análise de correspondência sem tendência, observou-se que a composição de espécies varia de acordo com a matriz vegetal, formando um gradiente entre as formações. Verificou-se que existe partilha de nicho espacial nas áreas de FOM, Transição e FOD2. Conclui-se que esta comunidade de anuros é estruturada tanto pelo fator temporal como pelo espacial, através da partilha de nicho entre as estações do ano e entre os ambientes utilizados pela comunidade.

**Palavras-chave:** anura, estações do ano, formação vegetal, nicho espacial, variáveis abióticas,



## **GENERAL ABSTRACT**

The spatial, temporal and trophic niches are the main descriptors of the relations among species, determining the community organization in a local scale. In anuran communities, the temporal partitioning is given by the occurrence of species over time. Likewise, the spatial niche is based on the use of different environments, and both patterns are influenced by biotic and abiotic factors. Thus, this work's main objective is to evaluate the organization of an anuran community, based on the species temporal and spatial distribution. During 18 consecutive months, four areas on the Mananciais da Serra (State of Parana) were sampled to cover Araucaria forest (FOM), Transition area and Dense Rain Forest (FOD1 and FOD2). Each area was sampled for one night each month, using the methods of survey at breeding sites, transections, active search and pitfall traps, generating daily richness and abundance. The community is composed of 41 species and both richness and abundance varied among seasons, with the biggest averages registered during spring and summer. Meteorologic variables were related to richness and abundance. Niche partition occurred within seasons (cold/dry and hot/rainy). Spatial variation were derived from differences in vegetation types, such that 28 species occurred in FOD (23 in FOD1 and 21 in FOD2), followed by 24 in FOM area and 20 anurans in the Transition area. Richness and abundance estimates varied among areas and the biggest averages were observed in FOM. Through cluster analysis and detrended correspondence analysis, species composition varies according to the vegetation matrix, forming a gradient among the formations. Also, there is spatial niche partitioning in FOM, Transition and FOD2 areas. It's concluded that this anurans community is through niche partitioning in climatic seasons and among the sample environment.

**Keywords:** anura, abiotic variables, season, spatial niche, vegetation formation

## INTRODUÇÃO GERAL

Uma comunidade pode ser definida como um agrupamento de populações de espécies que ocorrem juntas no espaço e tempo (Begon *et al.* 2007). Nesta definição, a formação e a estruturação da comunidade se dão através de interações bióticas e/ou de efeitos abióticos sobre seus constituintes. Assim, uma questão fundamental na ecologia baseia-se na identificação do papel que os fatores abióticos e bióticos exercem na composição e funcionamento das comunidades (Harrison & Cornell 2008). O entendimento dos fatores que organizam as comunidades constitui uma questão fundamental dentro do estudo da ecologia. O conhecimento básico de uma comunidade (riqueza e abundância) pode se tornar mais robusto e ter uma melhor aplicabilidade quando está aliado às causas que levam ao padrão observado, ou seja, a relação das espécies com as condições físicas e, também, as interações ecológicas intra e interespecíficas.

A coexistência de espécies em uma determinada comunidade é possibilitada, entre outros fatores, pela partilha dos recursos disponíveis (Schoener 1974) que, por sua vez, é determinada tanto pelos fatores ecológicos quanto históricos (Ricklefs 1987) já que espécies filogeneticamente relacionadas podem apresentar conservação dos nichos (Wiens & Graham 2005). Os nichos espacial, temporal e trófico são considerados os principais descritores das relações entre as espécies (Schoener 1974), determinando a estruturação de uma comunidade em escala local (Chesson 2000). As diferenças na utilização dos recursos limitantes em cada um dessas três dimensões podem reduzir a competição, através da diminuição da sobreposição de nicho, e facilitar a coexistência entre as espécies (Schoener 1974, Chesson 2000, Gilbert *et al.* 2008).

Nas comunidades de anfíbios anuros, a partilha de recursos pode ser resultado de diversos fatores, que atuam com diferentes intensidades no padrão de composição das espécies (Toft 1985, Wells 2007). Entre eles destacam-se as interações ecológicas como competição (e.g. Menin *et al.* 2005) e predação (e.g. Morin 1983, Pombal Jr. 2007, Toledo *et al.* 2007), as condições climáticas sendo, especialmente, temperatura e precipitação (Oseen & Wassersug 2002), a complexidade do ambiente (e.g. Rossa-Feres & Jim 1994, Silva & Rossa-Feres, 2007, Souza *et al.* 2008), além da interação entre os

fatores físicos e biológicos. Contudo, em geral, pouco sabe-se sobre como as comunidades de anuros são organizadas.

Espacialmente, a segregação dos anuros pode ocorrer em função da estrutura da vegetação, da movimentação da água (ambientes lênticos ou lóticos), da durabilidade dos corpos d'água, entre outros fatores (Both *et al.* 2008). Da mesma forma, podem ocorrer variações espaciais de acordo com o microhabitat utilizado (Cardoso *et al.* 1989, Kopp & Eterovick 2006), que é considerado um dos fatores que apresenta maior segregação de espécies, ocorrendo baixa sobreposição na utilização dos recursos (Cardoso *et al.* 1989, Rossa-Feres & Jim 1994).

A distribuição temporal dos anuros é amplamente influenciada por condições abióticas e um elevado número de trabalhos reporta à influência da disponibilidade de água (sob forma de precipitação) e a temperatura, como os principais fatores determinísticos na atividade dos anuros (e.g. Richter & Seigel 2002, Oseen & Wassersug 2002, Pombal Jr. & Haddad 2005, Bastazini *et al.* 2007). No entanto, diversos grupos de espécies respondem da mesma maneira as variações temporais (e.g. Pombal Jr. 1997, Conte & Machado 2005, Conte & Rossa-Feres 2007) o que implica em várias espécies ocorrendo dentro da mesma estação. Dessa forma, a partilha temporal, para os anuros da região Neotropical, pode não ser tão evidente, havendo sobreposição de espécies tanto no turno de vocalização (Both *et al.* 2008), quanto na ocorrência sazonal (Duellman & Trueb 1994, Pombal Jr. 1997, Bastazini *et al.* 2007, Wells 2007).

Os mecanismos que determinam os agrupamentos de espécies atuam em escalas diferentes na estruturação da comunidade. No entanto, tais fatores não exercem esta influência isoladamente, havendo interações entre eles ao longo deste processo. De maneira geral, os princípios de ecologia da conservação são baseados em informações relativas à dinâmica de populações e de comunidades, procurando entender a distribuição de grupos de espécies, suas relações internas e com o meio, como as principais fontes de estruturação. Desta forma, a compreensão de tais padrões é uma ferramenta primária e essencial para estudos mais aplicados (Hockey & Curtis 2009). Com isso retorna-se à premissa de que as características bionômicas básicas são fundamentais para a estruturação das comunidades e pelo grau de resiliência que estas comunidades podem apresentar. Assim, a compreensão de fatores que regem a dinâmica

das comunidades e da distribuição das espécies são ferramentas extremamente úteis e eficazes na tomada de decisões conservacionistas (Bertoluci *et al.* 2007).

Para os anfíbios, o conhecimento de tais mecanismos também apresenta grande importância, especialmente procurando entender os efeitos dos declínios populacionais (e.g. Alford & Richards 1999, Funk *et al.* 2003) nas comunidades (Araújo *et al.* 2006, Didham *et al.* 2007). Assim, dados sobre as dimensões do nicho espacial e temporal das espécies podem permitir uma visão mais completa das interações entre esses anuros em escala local e, portanto, da posição das espécies na estrutura da comunidade. E, embora vários trabalhos indiquem o mecanismo de partilha de recursos em comunidades de Anura, poucos testam esta premissa em um arcabouço teórico mais amplo.

Estudos sobre a estruturação das comunidades tornam-se ainda mais relevantes se levarmos em consideração o fato de que existem regiões em que a anurofauna é ainda desconhecida. No bioma da Mata Atlântica, com uma riqueza de 540 espécies de anuros (Haddad *et al.* 2013), é frequente a descrição de novos táxons (e.g. Silva & Alves-Silva 2011, Clemente-Carvalho *et al.* 2012, Garey *et al.* 2012, Brusquetti *et al.* 2013, Caramaschi *et al.* 2013), caracterizando, portanto, tais lacunas geográficas no conhecimento como peças fundamentais para o conhecimento básico das espécies, sua distribuição geográfica e estudos ecológicos direcionados. No estado do Paraná é crescente o número de estudos com comunidades de anuros em formações florestais da Mata Atlântica, entre elas a Floresta Ombrófila Mista (e.g. Conte & Machado 2005, Conte & Rossa-Feres 2007), Floresta Ombrófila Densa (e.g. Armstrong & Conte 2010, Cunha *et al.* 2010, Garey & Hartmann 2012) e em áreas de transição entre elas (e.g. Bernarde & Machado 2001, Conte & Rossa-Feres 2006).

Neste sentido, a localidade dos Mananciais da Serra pode ser considerada como uma área de grande interesse ecológico, especialmente por abranger um ecótono entre a Floresta Ombrófila Mista e a Floresta Ombrófila Densa Montana, o que produz um ambiente diferenciado com um grande complexo de corpos d'água (e.g. riachos, nascentes, poças, brejos e represas), que constituem ambientes primordiais para a reprodução das espécies de anuros. A partir desta riqueza de ambientes, da descaracterização ambiental que a Mata Atlântica vem sofrendo e, também, pelo crescente registro de declínio das populações de anuros em escala mundial (e.g. Alford

& Richards 1999, Funk *et al.* 2003), o conhecimento dos processos que determinam a distribuição e abundância das espécies tem papel fundamental.

Diante deste contexto, o presente trabalho procurou determinar o papel de dois mecanismos considerados estruturadores de comunidade de anuros. Por ocorrerem em escalas diferentes, a hipótese inicial deste estudo é de que as partilhas temporais e espaciais seriam complementares na organização das comunidades de anuro dos Mananciais da Serra.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALFORD, R. A. & RICHARDS, S. J. 1999. Global amphibian declines: a problem in applied ecology. *Annual Review of Ecology and Systematics* 30:133–165.
- ARAÚJO, M. B., THUILLER, W. & PEARSON, R. G. 2006. Climate warming and the decline of amphibians and reptiles in Europe. *Journal of Biogeography* 33:1712-1728.
- ARMSTRONG, C. G. & CONTE, C. E. 2010. Assemblage of anurans (Amphibia, Anura) of an area of Atlantic Forest, South of Brazil. *Biota Neotropica* 10: <http://www.biotaneotropica.org.br/v10n1/en/abstract?article+bn00610012010>.
- BASTAZINI, C. V., MUNDURUCA, J. F. V., ROCHA, P. L. B. & NAPOLI, M. F. 2007. Which environmental variables better explain changes in anuran community composition? A case study in the restinga of Mata de São João, Bahia, Brazil. *Herpetologica* 63:459-471.
- BEGON, M., TOWNSEND, C. R. & HARPER, J. L. 2007. *Ecologia de indivíduos a ecossistemas*. 4a ed., Editora Artmed, Porto Alegre. 752 pp.
- BERNARDE, P. S. & MACHADO, R. A. 2001. Riqueza de espécies, ambientes de reprodução e temporada de vocalização da anurofauna em Três Barras do Paraná, Brasil (Amphibia: Anura). *Cuadernos de Herpetología* 14:93-194.
- BERTOLUCI, J., BRASSALOTI, R. A., JÚNIOR, J. W. R., VILELA, V. M. F. N. & SAWAKUCHI, H. O. 2007. Species composition and similarities among anuran assemblages of forest sites in southeastern Brazil. *Scientia Agricola* 64:364-374.

- BOTH, C., KAEFER, I. L., SANTOS, T. G. & CECHIN, S. T. Z. 2008. An austral assemblage in the Neotropics: seasonal occurrence correlated with photoperiod. *Journal of Natural History* 42:205-222.
- BRUSQUETTI, F., THOMÉ, M. T. C., CANEDO, C., CONDEZ, T. H. & HADDAD, C. F. B. 2013. A New *Ischnocnema* (Brachycephalidae) from Northern Rio de Janeiro, Brazil. *Herpetologica* 69:175-185.
- CARAMASCHI, U., ORRICO, V. G. D., FAIVOVICH, J., DIAS, I. R. & SOLÉ, M. 2013. A New Species of *Allophryne* (Anura: Allophrynidae) from the Atlantic Rain Forest Biome of Eastern Brazil. *Herpetologica* 69:480-491.
- CARDOSO, A. J., ANDRADE, G. V. & HADDAD, C. F. B. 1989. Distribuição espacial em comunidades de anfíbios (Anura) no sudeste do Brasil. *Revista Brasileira de Biologia* 49:241-249.
- CHESSON, P. 2000. Mechanisms of maintenance of species diversity. *Annual Review of Ecology and Systematics* 31:343-358.
- CLEMENTE-CARVALHO, R. B. G., GIARETTA, A. A., CONDEZ, T. H., HADDAD, C. F. B. & REIS, S. F. dos. 2012. A New Species of Miniaturized Toadlet, Genus *Brachycephalus* (Anura: Brachycephalidae), from the Atlantic Forest of Southeastern Brazil. *Herpetologica* 68:365-374.
- CONTE, C. E. & MACHADO, R. A. 2005. Riqueza de espécies e distribuição espacial e temporal em comunidade de anuros (Amphibia, Anura) em uma localidade de Tijucas do Sul, Paraná, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia* 22:940-948.
- CONTE, C. E. & ROSSA-FERES, D. de C. 2006. Diversidade e ocorrência temporal da anurofauna (Amphibia, Anura) em São José dos Pinhais, Paraná, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia* 23:162-175.
- CONTE, C. E. & ROSSA-FERES, D. de C. 2007. Riqueza e distribuição espaço temporal de anuros em um remanescente de Floresta de Araucária no sudeste do Paraná. *Revista Brasileira de Zoologia* 24:1025-1037.
- CUNHA, A. K., OLIVEIRA, I. S. de & HARTMANN, M. T. 2010. Anurofauna da Colônia Castelhanos, na Área de Proteção Ambiental de Guaratuba, Serra do Mar paranaense, Brasil. *Biotemas* 23:123-134.
- DIDHAM, R. K., TYLIANAKIS, J. M., GEMMELL, N. J., RAND, T. A. & EWERS, R. M. 2007. Interactive effects of habitat modification and species invasion on

- native species decline. *Trends in ecology & evolution (personal edition)* 22:489-496.
- DUELLMAN, W. E. & TRUEB, L. 1994. *Biology of the Amphibians*. McGraw-Hill, New York. 670 pp.
- ERNST, R. & RÖDEL, M. O. 2006. Community assembly and structure of tropical leaf-litter anurans. *Ecotropica* 12:113-129.
- FUNK, W. C., ALMEIDA-REINOSO, D., NOGALES-SORNOSA, F. & BUSTAMANTE, M. R. 2003. Monitoring population Trends of *Eleutherodactylus* Frogs. *Journal of Herpetology* 37:245-256.
- GAREY, M. V., LIMA, A. M. X., HARTMANN, M. T. & HADDAD, C. F. B. 2012. A New Species of Miniaturized Toadlet, Genus *Brachycephalus* (Anura: Brachycephalidae), from Southern Brazil. *Herpetologica* 68:266-271.
- GAREY, M. V. & HARTMANN, M. T. 2012. Anurans of Reserva Natural Salto Morato, municipality of Guaraqueçaba, State of Paraná, southern Brazil. *Biota Neotropica* 12(4): <http://www.biotaneotropica.org.br/v12n4/en/abstract?inventory+bn00312042012>
- GILBERT, B., SRIVASTAVA, D. S. & KIRBY, K. R. 2008. Niche partitioning at multiple scales facilitates coexistence among mosquito larvae. *Oikos* 117:944-950.
- HADDAD, C. F. B., TOLEDO, L. F., PRADO, C. P. A., LOEBMANN, D., GASPARINI, J. L. & SAZIMA, I. 2013. *Guia dos Anfíbios da Mata Atlântica: diversidade e biologia. Guide to the Amphibians of the Atlantic Forest: diversity and biology*. Anolisbooks, São Paulo. 544pp.
- HARRISON, S. & CORNELL, H. 2008. Toward a better understanding of the regional causes of local community richness. *Ecology letters* 11:969-979.
- HOCKEY, P. A. R. & CURTIS, O. E. 2009. Use of Basic Biological Information for Rapid Prediction of the Response of Species to Habitat Loss. *Conservation Biology* 23:64-71.
- KOPP, K. & ETEROVICK, P. C. 2006. Factors influencing spatial and temporal structure of frog assemblages at ponds in southeastern Brazil. *Journal of Natural History* 40:1813-1830.

- MENIN, M., ROSSA-FERES, D. de C. & GIARETTA, A. A. 2005. Resource use and coexistence of two syntopic hylid frogs (Anura, Hylidae). *Revista Brasileira de Zoologia* 22:61-72.
- MORIN, P. J. 1983. Predation, competition, and the composition of larval anuran guilds. *Ecological Monographs* 53:119-138.
- OSEEN, K. L. & WASSERSUG, R. J. 2002. Environmental factors influencing calling in sympatric anurans. *Oecologia* 133:616–625.
- POMBAL JR, J. P. 1997. Distribuição espacial e temporal de anuros (Amphibia) em uma poça permanente na Serra de Paranapiacaba, Sudeste do Brasil. *Revista Brasileira de Biologia* 57:583-594.
- POMBAL JR., J. P. 2007. Notas sobre predação em um taxocenose de anfíbios anuros no sudeste do Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia* 24:841-843.
- POMBAL JR., J. P. & HADDAD, C. F. B. 2005. Estratégias e modos reprodutivos de anuros (Amphibia) em uma poça permanente na Serra de Paranapiacaba, Sudeste do Brasil. *Papéis Avulsos de Zoologia* 45:201-213.
- RICHTER, S. C. & SEIGEL, R. A. 2002. Annual variation in the population ecology of the endangered Gopher Frog, *Rana sevosa* Goin and Netting. *Copeia* (4):962-972.
- RICKLEFS, R. E. 1987. Community diversity: the relative roles of local and regional processes. *Science* 235:167-171.
- ROSSA-FERES, D. de C. & JIM, J. 1994. Distribuição sazonal em comunidades de anfíbios anuros na região de Botucatu, São Paulo. *Revista Brasileira de Biologia* 54:323-334.
- SCHOENER, T. W. 1974. Resource partitioning in ecological communities. *Science* 185:27–39.
- SILVA, F. R. da & ROSSA-FERES, D. de C. 2007. Uso de fragmentos florestais por anuros (Amphibia) de área aberta na região noroeste do estado de São Paulo. *Biota Neotropica* 7:141-147.
- SILVA, H. R. da & ALVES-SILVA, R. 2011. A new bromeligenous species of the *Scinax perpusillus* group from the hills of the State of Rio de Janeiro, Brazil (Anura, Hylidae). *Zootaxa* 3043:54-68.



- SOUZA, V. M. de, SOUZA, M. B. de & MORATO, E. F. 2008. Efeitos da sucessão florestal sobre a anurofauna (Amphibia: Anura) da Reserva Catuaba e seu entorno, Acre, Amazônia sul-ocidental. *Revista Brasileira de Zoologia* 25:49-57.
- TOFT, C. A. 1985. Resource partitioning in amphibians and reptiles. *Copeia* 1985:1-21.
- TOLEDO, L. F., SILVA, R. R. & HADDAD, C. F. B. 2007. Anurans as prey: an exploratory analysis and size relationships between predators and their prey. *Journal of Zoology* 271:170-177.
- WELLS, K. D. 2007. *The ecology and behavior of amphibians*. Chicago, The University of Chicago Press. 1148 pp.
- WIENS, J. J. & GRAHAM, C. H. 2005. Niche conservatism: Integrating Evolution, Ecology and Conservation Biology. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics* 36:519-539.

## CAPÍTULO 1

### Sazonalidade e partilha de nicho temporal em uma comunidade de anuros de Floresta Atlântica

Cristiane Hiert<sup>1,2</sup> & Mauricio O. Moura<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup> Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação, Universidade Federal do Paraná - UFPR, Caixa Postal 19031, 81531-980, Curitiba, Paraná, Brasil.

<sup>2</sup> Departamento de Biologia, Universidade Estadual do Centro-Oeste - UNICENTRO, Caixa Postal 3010, 85040-080, Guarapuava, Paraná, Brasil. E-mail: [chiert@unicentro.br](mailto:chiert@unicentro.br)

<sup>3</sup> Departamento de Zoologia, Universidade Federal do Paraná - UFPR. Caixa Postal 19020, 81531-980, Curitiba, Paraná, Brasil. E-mail: [mauricio.moura@ufpr.br](mailto:mauricio.moura@ufpr.br)

\*Artigo elaborado de acordo com as normas do periódico Journal of Tropical Ecology.

## RESUMO

Em comunidades de anuros, a partilha temporal pode resultar da ação de diversos fatores bióticos e abióticos que produzem uma variação da atividade das espécies nas comunidades, ao longo do tempo, seja ela diária, mensal, anual ou entre estações. Este trabalho objetivou avaliar a estruturação da comunidade de anuros em uma área de Floresta Atlântica, com base na distribuição temporal das espécies. Durante 18 meses consecutivos foram amostradas quatro áreas na localidade dos Mananciais da Serra, município de Piraquara, estado do Paraná, sendo: Floresta Ombrófila Mista, Transição e duas áreas de Floresta Ombrófila Densa. Cada área foi investigada por uma noite a cada mês, utilizando-se os métodos de amostragem em sítios de reprodução, transecções, busca ativa com tempo delimitado (orientada visual e/ou auditivamente) e armadilhas de interceptação e queda, gerando estimativas de riqueza de espécies e abundância diárias. A comunidade é composta de 41 espécies de anuros, sendo que destas 32 foram registradas em atividade de vocalização. A riqueza de espécies e a abundância variaram entre as estações do ano, com maiores valores registrados na primavera e verão. O primeiro componente principal é influenciado por todas as variáveis abióticas (temperatura do ar mínima e máxima, temperatura da água média e umidade relativa do ar mínima e máxima) e está relacionado com a riqueza e abundância de espécies, tanto com os dados de todo o ano, como dentro das principais estações climáticas (quente/chuvosa e fria/seca). As estações de inverno e outono foram as mais dissimilares, enquanto verão e primavera formaram um único grupo. Em escala anual não houve partilha de nicho temporal, no entanto dentro das principais estações do ano verifica-se que há partilha do recurso. Conclui-se que esta comunidade de anuros varia sazonalmente e, além disso, demonstra ser estruturada pelo fator temporal, através da partilha de nicho, observada dentro das estações.

**Palavras-chave:** amphibia, estação do ano, Mananciais da Serra, variáveis abióticas.

## **ABSTRACT**

In anurans communities, temporal partition can be result of several biotic and abiotic factors, and that is given by species occurrence over time, either daily, monthly, annual or among seasons. This work's objective is evaluate the anuran community structure in an area of Atlantic Forest, based temporal distribution of the species. During 18 consecutive months we sampled four areas in the Mananciais da Serra locality, Piraquara city, Parana state, being Araucaria forest, Transition area and two areas of Dense Rain Forest. Each area was investigated for one night each month, using the methods of survey at breeding sites, transections, active search with limited time (visually and auditorily), and pitfall traps, generating daily estimates of species richness and abundance. The community is composed of 41 frog species, and 32 of them were registered in calling activity. Species richness and abundance varied among seasons, with the highest values in spring and summer. The first principal component is associate with all abiotic variables (minimum and maximum air temperature, average temperature of the water and minimum and maximum relative humidity) and is related to abundance and species richness, both with general data (all year), as in the main seasons (hot/cold and wet/dry). The seasons of winter and autumn were the most dissimilar, while summer and spring formed a single group. In an annual scale there was no temporal niche partition, however among the main seasons there is a resource partition. We concluded that this anuran community varies seasonally, and besides, proves to be structured by temporal factor, through the niche partition, observed inside seasons.

**Keywords:** amphibia, abiotic variables, Mananciais da Serra, season.

## INTRODUÇÃO

Os padrões de diversidade em escala local são produzidos por processos históricos e ecológicos que ocorrem em escalas maiores (Ricklefs 1987, Wiens & Graham 2005). Esses processos determinam o pool de espécies disponíveis para colonizar as comunidades (Algar *et al.* 2011). Já a coexistência em escala local é possibilitada, entre outros fatores, por interações bióticas (Albrecht & Gotelli 2001, Chesson 2000).

Em um contexto de partilha de recursos, os nichos espacial, temporal e trófico são considerados os principais descritores das relações entre as espécies (Schoener 1974) e, portanto, os principais determinantes da estruturação de uma comunidade, em escala local. Considerando que estes recursos, em algum momento de vida das espécies, são limitantes, as diferenças na utilização dos recursos associados a cada uma dessas dimensões pode diminuir a sobreposição de nicho e propiciar a coexistência entre as espécies (Schoener 1974, Chesson 2000, Gilbert *et al.* 2008).

A coexistência das espécies têm sido amplamente estudada quanto à utilização espacial, no entanto pouca atenção tem sido dada para a estruturação temporal das comunidades dos diferentes grupos de fauna (Schoener 1974, Canavero *et al.* 2009). Em contraste, para os anfíbios existem muitos estudos que descrevem padrões temporais de variação de abundância e riqueza, através dos machos em atividade de vocalização (e.g. Bastazini *et al.* 2007, Conte & Rossa-Feres 2007, Both *et al.* 2008, Canavero *et al.* 2009), embora poucos testem a premissa de partilha temporal em um arcabouço teórico mais amplo.

A partilha de recursos temporais ocorre em algumas comunidades de anuros (Duellman & Trueb 1994, Toft 1985, Wells 2007), embora diversos grupos de espécies respondem da mesma maneira às variações temporais (e.g. Conte & Machado 2005, Conte & Rossa-Feres 2007, Pombal Jr 1997). Assim, a partilha temporal, para os anuros da região Neotropical, não mostra-se tão evidente, havendo sobreposição de espécies tanto no turno de vocalização (Both *et al.* 2008) quanto em sua ocorrência sazonal (Bastazini *et al.* 2007, Pombal Jr 1997).

Embora o efeito das interações bióticas na estruturação de comunidades de anuros tenha um apelo teórico e experimental (e.g. Wilbur 1997, Alford 1999), uma outra hipótese possível é de que essas diferenças ocorram como resposta a variação nas

condições meteorológicas (Saenz *et al.* 2006). A ideia básica é de que, pela dependência fisiológica dos anuros, condições de temperatura, alta precipitação e umidade relativa estariam associadas a um aumento no número de indivíduos nas comunidades. Assim, por sua vez, é esperada uma relação direta entre o grau de sazonalidade de uma comunidade e o grau de turnover temporal das espécies na comunidade. O padrão de variação temporal e estações definidas tem sido descrito especialmente em zonas tropicais e subtropicais (Wells 2007).

Da mesma forma, a influência da disponibilidade de água (sob forma de precipitação) e a temperatura tem sido considerados os principais fatores determinísticos na atividade reprodutiva dos anuros (e.g. Bastazini *et al.* 2007, Oseen & Wassersug 2002, Pombal Jr. & Haddad 2005). No entanto, sabe-se que outras variáveis climáticas, como a umidade relativa do ar (e.g. Almeida-Gomes *et al.* 2007), fases da lua (e.g. Grant *et al.* 2013) e fotoperíodo (e.g. Both *et al.* 2008, Hiert *et al.* 2012), também são consideradas importantes para a atividade dos anuros (Wells 2007). Portanto, é necessário a análise de múltiplas variáveis simultaneamente em estudos contínuos, a longo prazo, para um melhor entendimento da distribuição temporal das comunidades de anuros (Oseen & Wassersug 2002).

Na região Neotropical, com a evidente sazonalidade no clima e variações de temperatura e precipitação ao longo do ano, tal amplitude de condições ambientais permite, também, uma diversificação nas estratégias reprodutivas, proporcionando, assim, uma riqueza elevada de espécies de anuros (Bertoluci & Rodrigues 2002, Saenz *et al.* 2006). Especificamente, todo o bioma da Floresta Atlântica apresenta, até o momento, 540 espécies de anuros descritas (cerca de 60% da fauna brasileira) e a maioria destas espécies ocorre nas florestas úmidas, como a floresta ombrófila densa (Haddad *et al.* 2013). Esta fauna de anuros é considerada como uma riqueza sem precedentes porque 90% das espécies são endêmicas e a diversidade de modos reprodutivos equivale a 70% dos modos descritos para a ordem (Haddad *et al.* 2013).

Diante deste contexto, este trabalho investigou os mecanismos de estruturação temporal de uma comunidade de anuros da Floresta Atlântica e, especificamente, (1) determinou a composição e distribuição temporal das espécies na comunidade, (2) determinou o efeito das variações sazonais e das variáveis meteorológicas na

composição da comunidade e, também, (3) testou se existe partilha de nicho temporal entre as espécies na comunidade.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Área de Estudo

O estudo foi realizado na região dos Mananciais da Serra, município de Piraquara, estado do Paraná (25° 30' 22"S; 45° 01' 41"W). Os Mananciais da Serra possuem uma área de 2.340 ha situada no extremo oeste do primeiro planalto paranaense (Figura 1), abrangendo uma variação de altitude que vai de 890 a 1.250 metros do nível do mar (Struminski 2001). Gerenciado pela Companhia de Saneamento do Paraná (SANEPAR), os Mananciais da Serra fazem parte da Área de Proteção Ambiental (APA) de Piraquara e está inserido no Parque Estadual do Marumbi (Struminski 2001), constituindo um dos últimos remanescentes florestais preservados na região metropolitana de Curitiba, sendo caracterizada como uma floresta em avançado estágio sucessional (Reginato & Goldenberg 2007).

A região dos Mananciais da Serra constitui uma área de ecótono, transição entre a Floresta Ombrófila Mista (FOM), conhecida como Floresta com Araucária e a Floresta Ombrófila Densa Montana (FODM), denominada Floresta Atlântica de encosta (Reginato & Goldenberg 2007). Possui grande quantidade de habitats adequados para os anuros, sendo ambientes lóticos (riachos), lênticos naturais (poças permanentes) e ambientes aquáticos antropizados, que foram formados a partir do represamento dos rios e riachos.

Na porção leste da bacia do Rio Piraquara, em direção a Serra do Mar, encontra-se a FODM, que apresenta as florestas mais contínuas e preservadas da região. Nela podem ser observadas a presença de algumas espécies vegetais típicas da Floresta com Araucária, caracterizando o caráter de transição da vegetação. Já a FOM, é representada na área dos mananciais pela presença de áreas fragmentadas, também chamadas de capões de Araucária, em diversos estágios de conservação (Reginato & Goldenberg 2007).

Para a amostragem foram determinadas quatro áreas com características distintas da região dos Mananciais da Serra, sendo denominadas neste trabalho como: **(FOM)**

porções de Floresta com Araucária, em meio a áreas abertas, localizada na entrada do Parque (altitude média: 890 m); (**Transição**) região de formação de Floresta Ombrófila Densa que, no entanto, ainda conta com a presença de espécimes vegetais típicos de FOM (altitude média: 970 m); (**FOD1**) início da formação de Floresta Ombrófila Densa Montana, marcando a região de entrada da Trilha do Ipiranga que atravessa a Serra do Mar por cerca de 7 km (altitude média: 1100 m); (**FOD2**) porção mais elevada de FODM, sendo a continuidade da Trilha do Ipiranga (altitude média: 1210 m).

O clima na região é subtropical úmido mesotérmico, correspondendo ao clima Cfb da escala de Köppen (Maack 1981). Possui temperatura média no mês mais frio de 13°C e no mês mais quente de 21°C com precipitação acumulada anual de até 1800 mm (Caviglione *et al.* 2000).

### **Amostragem**

A coleta de dados foi realizada no período de novembro de 2010 a abril de 2012, com incursões a campo de frequência mensal. Em cada mês foram realizadas amostragens por quatro dias consecutivos, totalizando um esforço de 32 horas mensais e 576 horas ao longo destes 18 meses.

Para realizar a amostragem foram combinadas quatro metodologias, sendo (1) amostragem em sítios de reprodução (Scott Jr & Woodward 1994), (2) transecção em ambiente florestal, (3) busca ativa (Crump & Scott Jr 1994) e (4) armadilhas de interceptação e queda, do tipo *pitfall traps with drift fence* (Corn 1994). Todos os métodos foram executados continuamente à cada mês, gerando dados de riqueza e abundância da comunidade.

A amostragem em sítios de reprodução consistiu na execução de pontos de escuta nos corpos d'água localizados em todas as áreas amostrais dos Mananciais da Serra. Os ambientes foram percorridos lentamente, registrando-se auditivamente os anuros em atividade de vocalização. Assim, foi estimada a riqueza e, também, a abundância de cada espécie, considerando uma média de três estimativas do número de machos em atividade de vocalização evitando, assim, superestimativas das populações (Scott Jr & Woodward 1994). O método de transecção foi realizado nos fragmentos florestais das quatro áreas de amostragem, percorrendo-se um trecho de cerca de 80 metros da borda em direção ao interior da floresta. A procura pelos anuros foi orientada



auditivamente, registrando os machos que vocalizavam nestas regiões mais afastadas dos corpos d'água. Já a busca ativa (Crump & Scott Jr 1994) foi realizada com a procura de exemplares em refúgios como bromélias, troncos e pedras. O método foi executado nos corpos d'água e no interior dos fragmentos florestais, com um esforço de aproximadamente uma hora de busca ativa em cada ambiente. Estas três metodologias foram aplicadas no período noturno, desde o entardecer (por volta das 17h) até cerca de 24h, sendo uma noite em cada das quatro áreas selecionadas: Floresta Ombrófila Mista (FOM), área de Transição e duas áreas de Floresta Ombrófila Densa (FOD1 e FOD2), totalizando quatro amostragens por mês. Para cumprir a premissa de aleatoriedade e independência nas amostras, a sequência de amostragens foi sorteada em cada fase de campo (Hayek, 1994).

Já as armadilhas de interceptação e queda (tipo *pitfall traps*) foram vistoriadas durante o período diurno (das 14h às 17h), por quatro dias consecutivos a cada mês, permanecendo fechadas nos demais dias. As armadilhas foram instaladas nas áreas de Transição e FOD1, sendo alocadas em regiões próximas a corpos d'água. Na área de FOM não foi possível a instalação de armadilhas devido fluxo contínuo de pessoas no interior do fragmento florestal. Nas duas áreas citadas foram instalados cinco pontos de amostragem com as armadilhas dispostas em formato de Y (Corn 1994). Assim, cada ponto amostral consiste em quatro baldes de 50 litros (um no centro com três ramificações) interligados por uma cerca guia de 50 centímetros de altura, com sua base enterrada no solo (Corn 1994). A partir dessa amostragem foram obtidas a riqueza e abundância mensal dos anuros de serapilheira dos Mananciais da Serra.

Sempre que possível foram coletados espécimes-testemunho das diferentes espécies diagnosticadas. Tais exemplares serão, oportunamente, depositados em coleções científicas a serem definidas (Licença ICMBIO para coleta de material zoológico nº 10277-1). Considerando que o canto de anúncio dos anuros constitui uma ferramenta taxonômica para o reconhecimento de espécies, foram registrados, sempre que possível, a vocalização dos machos com gravador digital e microfone unidirecional. A lista de espécies foi elaborada com base na nomenclatura de FROST (2014).

Para avaliar a influência dos fatores meteorológicos na distribuição temporal dos anuros foram coletadas as seguintes variáveis abióticas, em cada noite de amostragem: temperatura do ar (mínima e máxima) e umidade relativa do ar (mínima e máxima),

utilizando-se um termohigrômetro digital (de precisão 0,1 °C e 0,1%, respectivamente) e, também, a temperatura da água (média da noite), que foi obtida com um termômetro de mercúrio (precisão de 0,5 °C).

### **Análise de Dados**

A estação do ano de cada amostragem foi considerada de acordo com as seguintes datas: ano de 2010 - primavera iniciando em 23/09 e verão em 21/12. Ano de 2011 - outono iniciando em 20/03, inverno em 21/06, primavera em 23/09 e verão em 22/12. Ano de 2012: outono com início em 20/03, de acordo com o Instituto Tecnológico SIMEPAR. Para análise dos dados em uma escala temporal diferenciada, foram agrupadas as estações primavera e verão, considerando-se a estação Quente/Chuvosa e as estações de outono e inverno, sendo definida como a estação Fria/Seca

Para verificar diferenças nas médias de riqueza e abundância entre as estações do ano (primavera, verão, outono e inverno) foi utilizado uma análise de variância (ANOVA) com teste Tukey, *a posteriori*, para comparação das médias (Zar 1984).

Para reduzir a dimensão e colinearidade dos dados abióticos (temperatura mínima e máxima, temperatura da água e umidade relativa do ar mínima e máxima), foi utilizada uma Análise de Componentes Principais (PCA). A PCA consiste num modelo de ordenação linear, transformando variáveis interdependentes em componentes (eixos) significantes e independentes entre si (Legendre & Legendre 1998). O critério de Broken Stick (Jackson 1993) foi utilizado para a seleção dos eixos ou componentes principais (PC) informativos para as análises seguintes. O critério de Broken-Stick assume que a variância total (a soma dos autovalores) é dividida aleatoriamente entre os vários autovalores, e os autovalores observados são considerados importantes somente se eles excederem o autovalor esperado (Broken Stick, Jackson 1993). O PCA foi escolhido ao invés de uma regressão múltipla pois em todos os modelos testados o grau de colinearidade entre as variáveis era muito alto.

A riqueza de espécies (raiz quadrada) e a abundância (log) foram transformadas (Zar 1984). Para se testar o efeito das variáveis climáticas (PC1) sobre a abundância e riqueza de anuros, utilizou-se uma regressão linear simples (Zar 1984). Com o objetivo de testar o padrão e a influência das variáveis abióticas em determinados períodos

sazonais, este mesmo procedimento (PCA seguido de regressão linear) foi utilizado para as duas principais estações do ano, sendo a estação Fria/Seca (outono e inverno) e a Quente/Chuvosa (primavera e verão).

Adicionalmente, foi utilizado o método de ordenação por Escalonamento Multidimensional Não-Métrico (NMDS) para ordenar a composição da comunidade de acordo com as estações do ano (outono, inverno, primavera e verão). Esta análise foi feita através da decomposição da matriz de dissimilaridade entre os grupos comparados, utilizando o índice de Bray-Curtis (Clarke 1993). O índice de Bray-Curtis foi utilizado como medida de distância na matriz de abundância por ser considerado adequado para variáveis que possuem muitos zeros ou ausências de espécies (Legendre & Legendre 1998). A distorção da ordenação pelo NMDS em relação à matriz de similaridade original foi determinada através da estatística chamada "stress" (S), cujos valores indicam os seguintes níveis de ajuste: 0.40 = ajuste fraco, 0.20 = regular, 0.10 = bom, 0.05 = excelente e 0.0 = perfeito (Rohlf 2001), sendo que a ordenação da comunidade, em função das amostragens temporais, apresentou um bom ajuste (stress = 0.14). Para reduzir a influência de espécies muito abundantes, os dados de abundância foram transformados pelo método de Hellinger (Legendre & Gallagher 2001).

A distribuição da abundância das espécies nas estações do ano (outono, inverno, primavera, verão e total) foi utilizada para determinar a estrutura de abundância da composição destas comunidades e, também, para investigar possíveis mudanças na estrutura das comunidades sazonais de anuros (Magurran 2011, McGill *et al.* 2007). Foram geradas curvas de distribuição da abundância das espécies, que consiste em plotar, em ordem decrescente, as abundâncias logaritmizadas em relação ao ranking de espécies (Oksanen *et al.* 2013). Para as cinco amostragens (estações e comunidade total) utilizou-se o método de máxima verossimilhança para gerar as curvas de cada modelo de distribuição de espécies. E, de acordo com o sugerido por Wilson (1991), os modelos considerados foram: (1) Nulo (MacArthur 1957): é um modelo que tem aplicação estatística, sendo utilizado como hipótese nula contra a qual outros padrões de divisão de nicho podem ser testados. Baseia-se na divisão aleatória e simultânea do recurso entre as espécies. (2) Log-normal (Preston 1948): constitui um modelo mais generalizado, em que a grande maioria das comunidades pode ser descrita. A interpretação biológica do modelo prevê uma divisão aleatória e sequencial do recurso

entre os nichos, sendo associado a comunidades em equilíbrio, com uma baixa proporção de espécies muito raras (Sugihara 1980). (3) Série Geométrica (Motomura 1947): é o modelo que pressupõe que cada espécie da comunidade utiliza uma parte do recurso remanescente, de acordo com a dominância competitiva, levando a uma sequência de decréscimo geométrico na abundância das espécies (Whittaker 1972). Além dos modelos (4) Zipf e (5) Zipf-Mandelbrot (Frontier 1985): que são baseadas nas mesmas premissas e prevêm que a entrada de novas espécies é dependente de condições físicas prévias e da presença de outras espécies mais generalistas, tal como no processo de sucessão ecológica. A diferença na composição de espécies determina se a distribuição será de acordo com o modelo Zipf ou Zipf-Mandelbrot, sendo que o primeiro apresenta um custo menor às espécies, facilitando a entrada das generalistas ou pioneiras e, por sua vez, o modelo Zipf-Mandelbrot indica um custo maior, considerando a entrada de organismos especialistas.

Os modelos de distribuição de espécies foram ajustados através da função *Radfit* na biblioteca Vegan 1.8-2 (Oksanen *et al.* 2013) do software estatístico R, versão 3.0.1 (R Development Core Team 2012). A seleção do modelo com melhor ajuste aos dados foi feita utilizando-se o Critério de Akaike (AIC), onde os modelos que possuem o menor valor de AIC apresentam o melhor ajuste (maior quantidade de informação) aos dados de abundância das espécies (Johnson & Omland 2004). Além disso, estimou-se também o seu desvio e o  $\Delta AIC$ , que é a diferença no valor de AIC de um modelo em relação ao modelo de melhor ajuste (menor valor de AIC). Valores de  $\Delta AIC$  maiores do que dois (2) implicam em modelos com graus diferentes de informação (Johnson & Omland, 2004).

Para testar se existe uma diferenciação de nicho temporal maior do que a esperada ao acaso para a comunidade, o padrão de sobreposição foi testado com modelos nulos. A sobreposição de nicho foi estimada através do índice de sobreposição de Czekanowski (Feisinger *et al.* 1981) a partir de uma matriz de utilização, considerando a abundância das espécies (linhas) em cada amostragem (colunas). Este índice varia de zero (0) a um (1), onde valores próximos a 0 indicam que não há sobreposição no uso do recurso e próximos de 1 indicam que há sobreposição e o recurso é partilhado (Inger & Colwell 1977, Krebs 1999). A análise de modelos nulos foi feita com o software EcoSim7.72 (Gotelli & Entsminger 2012). Foram feitas 1000

simulações utilizando dois tipos de algoritmos de aleatorização (Winemiller & Pianka 1990) de acordo com a escala de análise. Assim, em escala anual, empregou-se o algoritmo de aleatorização fixo-fixo (RA3), pressupondo que as espécies utilizam o recurso tempo de forma diferenciada ao longo do ano e que essas diferenças devem ser preservadas. Já, para testar a sobreposição em uma escala menor (sazonal), utilizando a base de dados de cada estação (Quente/Chuvosa e Fria/Seca) e o algoritmo fixo-equiprovável (RA1), assumindo que, dentro de cada estação, as espécies podem utilizar o recurso tempo de forma equivalente. Espera-se que no caso de ocorrer partilha temporal a sobreposição de nicho observada será menor do que a média dos valores simulados (Gotelli 2000).

## RESULTADOS

Das 41 espécies (10 famílias) ocorrentes nos Mananciais da Serra, 32 foram registradas em atividade de vocalização (Tabela 1). A maior riqueza de espécies em atividade foi encontrada em janeiro, sendo 27 espécies no ano de 2011 e 26 espécies em 2012, seguido pelos meses de novembro e dezembro de 2010 e dezembro de 2011, com 24 espécies vocalizando em cada um deles. Já os meses com menor registro de espécies em atividade foram junho e julho de 2011 (quatro e três espécies, respectivamente) e, então, maio de 2011 e abril de 2012, com sete espécies observadas em cada.

Analisando-se o período de vocalização registrado para cada espécie de anuro, observa-se que três espécies foram registradas exclusivamente em um único mês de amostragem, sendo *I. sambaqui* (novembro de 2010), *V. uranoscopa* (novembro de 2010) e *Scinax* sp. (janeiro de 2011). Os machos de *S. sawayae* foram encontrados em atividade de vocalização nos meses de fevereiro de 2011 e janeiro de 2012. Por sua vez, três espécies foram registradas em atividade de vocalização constante, ao longo de toda o estudo (18 meses), sendo elas: *D. minutus*, *H. bischoffi* e *P. aff. gracilis*. Além destas, *A. albosignatus* vocalizou durante 17 meses de amostragem, não sendo registrado somente no mês de julho de 2011 (Tabela 1).

A riqueza diária foi de três até 24 espécies ( $12.59 \pm 5.50$ , média  $\pm$  desvio padrão) e a abundância variou de três a 206 indivíduos por amostragem ( $59.44 \pm 46.40$ ). Com relação aos padrões de variação sazonal desta comunidade, tanto a riqueza de espécies

quanto a abundância variaram entre as estações do ano ( $F_{3,68} = 22.19$ ,  $P < 0.001$  0.05 e  $F_{3,68} = 20.05$ ,  $P < 0.001$ , respectivamente), com as maiores médias de riqueza e abundância registradas na primavera e verão (Figura 2a e 2b).

Na análise de componentes principais, o primeiro componente (PC1) foi selecionado de acordo com o critério de Broken Stick como o eixo que sintetiza a variação dos dados abióticos. Este eixo representa cerca de 75% da variabilidade dos dados meteorológicos e todas as variáveis abióticas são positivamente relacionadas com o PC1 (Tabela 2), sendo que as interações mais fortes observadas foram com a temperatura da água ( $r^2 = 0.98$ ), temperatura mínima ( $r^2 = 0.76$ ) e umidade relativa do ar mínima ( $r^2 = 0.66$ ), respectivamente (Tabela 2). O PC1 está relacionado com a riqueza ( $r^2 = 0.46$ ,  $F_{1,70} = 60.18$ ,  $P < 0.001$ , Figura 3a) e com a abundância de anuros ( $r^2 = 0.49$ ,  $F_{1,70} = 67.86$ ,  $P < 0.001$ , Figura 3b). A análise das distribuições das unidades amostrais no eixo do PC1 demonstram o mesmo padrão de gradiente entre as estações do ano, diferenciando verão e inverno e sobrepondo em uma posição intermediária as estações de outono e primavera (Figura 3a e 3b).

Analisando a influência das variáveis meteorológicas em uma escala menor, dentro das duas grandes estações (fria/seca e quente/chuvosa), vemos que ainda assim o primeiro eixo (PC1) é determinante para explicar a variação dos dados abióticos (de acordo com o critério de Broken Stick), explicando cerca de 65% da variabilidade na estação fria/seca e aproximadamente 68% na estação quente chuvosa. Por sua vez, o PC2 explica apenas 23.58% e 15.96%, respectivamente nas duas estações (Tabela 3). Na estação fria/seca as variáveis que mais influenciaram o PC1 foram a temperatura da água ( $r^2 = -0.92$ ), seguida da temperatura máxima ( $r^2 = -0.85$ ) e, então, da temperatura mínima ( $r^2 = -0.72$ ), enquanto na estação quente/chuvosa as variáveis de maior peso foram a temperatura da água ( $r^2 = 0.98$ ), a temperatura mínima ( $r^2 = 0.90$ ) e, posteriormente, a umidade relativa do ar mínima ( $r^2 = 0.80$ ), diferenciando-se das variáveis que tiveram maior peso na análise ao longo de todo o ano.

O primeiro componente (PC1) influencia tanto a riqueza (fria/seca:  $r^2 = 0.29$ ,  $F_{1,29} = 12.14$ ,  $P = 0.0016$ , Figura 4a; quente/chuvosa:  $r^2 = 0.17$ ,  $F_{1,39} = 7.82$ ,  $P = 0.0080$ , Figura 4c) quanto a abundância de anuros (fria/seca:  $r^2 = 0.32$ ,  $F_{1,29} = 13.51$ ,  $P = 0.0010$ , Figura 4b; quente/chuvosa:  $r^2 = 0.16$ ,  $F_{1,39} = 7.84$ ,  $P = 0.0079$ , Figura 4d),

revelando dentro das estações o mesmo padrão observado com todo o conjunto de dados.

A disposição das amostragens no espaço formado pelos dois primeiros eixos do NMDS indicam que a maior dissimilaridade ficou concentrada no inverno e outono, formando dois agrupamentos isolados nestas estações. Por outro lado, houve grande sobreposição da comunidade nas estações de primavera e verão (baixa dissimilaridade entre as amostras). Além disso, verão e inverno foram os grupos mais dissimilares um do outro, ficando em quadrantes opostos (Figura 5).

As curvas de distribuição da abundância das espécies de anuros, entre as estações, indicam que o modelo de Série Geométrica possui o melhor ajuste aos dados, na maioria das vezes (Tabela 4). Exclusivamente no verão, o modelo com o menor valor de AIC foi o de Zipf-Mandelbrot. No entanto o grau de explicação deste modelo e o do modelo de Série Geométrica é o mesmo, com um  $\Delta AIC$  de 0.98 entre os dois.

Quanto à análise de sobreposição de nicho, em escala anual não foi verificada partilha de nicho temporal. A média de sobreposição observada foi maior do que a esperada ao acaso (Czekanowski = 0.20383, Tabela 5), indicando congruência nos padrões temporais. Por outro lado, analisando-se dentro das principais estações, há partilha do recurso temporal em ambas as estações (Quente/Úmida e Fria/Seca) ou seja, há menor sobreposição no uso do recurso do que o esperado ao acaso (estação quente: Czekanowski = 0.23514; estação fria: Czekanowski = 0.23019,  $P = 0.00$ , Tabela 5). A sobreposição temporal, de forma geral foi baixa, com uma frequência relativa de mais de 95% apresentando índice de sobreposição de até 0.14 (Figura 6a). Por sua vez, dentro das estações, os valores de sobreposição temporal foram mais altos (0.66 - 0.68), com frequência de 76% e 82% para as estações frias e quente, respectivamente (Figura 6b).

## DISCUSSÃO

A comunidade de anuros dos Mananciais da Serra possui uma elevada riqueza de espécies, compatível com regiões de transição entre as formações de FOM e FOD. Além disso, esta composição de espécies exhibe padrão sazonal, demonstrado pelas estimativas de riqueza e abundância em dois grandes grupos temporais, a estação

quente/chuvosa (primavera e verão) e a estação fria/seca (outono e inverno), podendo-se considerar que ocorre partilha do recurso.

A distribuição temporal das espécies em atividade de vocalização indicam os meses de novembro, dezembro e janeiro (em ambos os anos) como o período com maior riqueza de espécies em atividade, contrastando com os meses de maio, junho e julho, onde poucas espécies foram registradas vocalizando. Esse contraste é característico de comunidades de gradientes sazonais, onde os períodos mais secos e frios não favorecem a atividade da maioria das espécies de anuros (Wells 2007). Exceções foram observadas com algumas espécies (e.g. *D. minutus*, *H. bischoffi*, *A. albosignatus*), que vocalizaram, de forma contínua, ao longo dos 18 meses de estudo, podendo ser caracterizadas como espécies de atividade prolongada. Sabe-se que espécies com atividade prolongada não constituem um padrão para regiões tropicais, no entanto, em locais onde a seca e o frio não são pronunciados algumas espécies podem ficar ativas ao longo de todo o ano (Oseen & Wassersug 2002). Contudo, sabe-se que estratégias e o período reprodutivo variam muito entre os anuros (Wells 2007), existindo relatos de atividade vocal prolongada para algumas espécies brasileiras (e.g. *H. albopunctatus*: Guimarães *et al.* 2011; *Hypsiboas leptolineatus*: Hiert & Moura 2010). Além disso, a sazonalidade pôde ser confirmada, também, pelo fato de que as maiores médias, tanto de riqueza quanto de abundância de anuros, estão concentradas nas estações de primavera e verão, que apresentaram valores semelhantes. Da mesma forma, as estações de outono e inverno também possuem valores próximos entre si, contudo bem inferiores quando comparados à época mais quente do ano. Observa-se, assim, que a estrutura da comunidade (composição e abundância) está distribuída em dois grandes grupos temporais, sendo o período quente e chuvoso (primavera e verão) e o período frio e, relativamente, seco (outono e inverno), não havendo diferenças entre primavera e verão e entre outono e inverno.

Essas variações na comunidade de anuros dos Mananciais da Serra é influenciada, principalmente, pela temperatura da água, temperatura mínima do ar e umidade relativa mínima do ar. Esses resultados demonstram que, possivelmente, os valores mínimos das variáveis meteorológicas estão próximos aos limites fisiológicos (CT mínimo) que limitam a atividade das espécies ectotérmicas (Angilletta, 2009).



Analisando a influência dos dados dentro das principais estações (quente/chuvosa e fria/seca) vemos que, na estação fria, a temperatura máxima passa a ter um peso maior do que a temperatura mínima, já que em períodos mais frios o aumento de temperatura leva as espécies a saírem de seus refúgios e entrarem em atividade.

Todas as variáveis meteorológicas mensuradas estiveram associadas positivamente ao PC1 e, consequentemente, influenciaram na mesma direção os parâmetros da comunidade. É amplamente conhecido, que variáveis como temperatura e disponibilidade de água (sob forma de precipitação ou umidade) constituem os fatores determinantes na abundância e atividade dos anuros (Bertoluci & Rodrigues 2002, Conte & Rossa-Feres 2006, Wells 2007, Walpole *et al.* 2012, Straub 2013). Por outro lado, sabe-se que em uma comunidade, as espécies podem responder de forma diferente às variações meteorológicas, em virtude de diferenças nas estratégias e necessidades fisiológicas (Bastazini *et al.* 2007, Walpole *et al.* 2012, Straub 2013), podendo modificar sua abundância e período reprodutivo. Esta ausência de sincronia na dinâmica das espécies em função das condições meteorológicas pode alterar o tipo e a intensidade das interações entre elas, influenciando, assim, a composição da comunidade e os processos ecológicos estruturadores (Walpole *et al.* 2012).

A ordenação da comunidade (NMDS), evidenciando a distinção de inverno e verão e a formação de um gradiente entre estas (PCA), confirmam o padrão sazonal bem evidenciado para a comunidade de anuros dos Mananciais da Serra, consistindo num perfil típico de agrupamentos de espécies para regiões tropicais e, especialmente, no bioma da Floresta Atlântica (Bertoluci & Rodrigues 2002).

O modelo Zipf-Mandelbrot, com melhor ajuste para o verão, reflete uma comunidade com poucas espécies muito abundantes nesta estação e muitas espécies com menor abundância (Frontier 1985). Além disso, este modelo também pressupõe que, ecologicamente, a comunidade pode ser vista como a potencial diversidade do ambiente, com alta heterogeneidade de nichos, o que reflete as condições meteorológicas deste período (Magurran 2011). Para as demais estações (e também para o verão, onde os dois modelos apresentam um ajuste semelhante) o modelo de Série Geométrica prevê que a composição de espécies tem disponível uma proporção constante de recurso a ser partilhado (neste caso, o tempo). Essa premissa caracteriza uma dominância competitiva entre as espécies, refletindo na abundância destas, que

decrece de forma linear (Motomura 1947). Ambos os modelos que descrevem a utilização do recurso temporal por parte dos anuros dos Mananciais da Serra, prevêem uma comunidade sazonalmente estruturada pelo nicho de suas espécies, possibilitando a ocorrência de organismos abundantes e, também, populações com baixo número de indivíduos.

Confirmando a estruturação temporal da comunidade, mostrada pelos modelos de abundância das espécies, a análise de sobreposição de nicho demonstrou que dentro das duas principais estações existe a partilha do recurso (tempo) entre os anuros. No entanto, ao analisar em uma escala maior (anual), não comprova-se a partilha do nicho temporal, demonstrando uma utilização aleatória do recurso por parte das espécies. O resultado do ordenamento (NMDS) indicou que as estações de inverno e outono possuem composição bem diferente das demais. Na primavera e verão o grau de dissimilaridade é baixo. Com isso, nessa escala temporal criou-se dois blocos de distribuição temporal em uma forma de gradiente. Assim, as composições teriam uma mudança menor e, portanto, maior sobreposição nos padrões temporais.

Estes resultados podem indicar que variações no uso de um determinado recurso só podem ser evidenciadas quando analisadas em uma escala menor, especialmente por tratar-se de uma comunidade com elevada riqueza, compreendendo espécies dos mais variados hábitos. Assim, se as espécies diferem quanto à tolerância a variáveis climáticas e sua atividade está limitada a períodos em que as condições são favoráveis (e.g estação quente e chuvosa), espera-se que exista uma segregação das espécies neste período específico (Canavero *et al.* 2009). A partilha em menor escala está suscetível a envolver uma competição mais direta pelo recurso e, por outro lado, a partilha em escala anual requer diferenças maiores na dinâmica e consumo do mesmo (Albrecht & Gotelli 2001, Straub 2013). Ernst & Rödel (2008) também afirmam que, como relações entre espécies-ambientes podem diferir muito entre os diferentes grupos, torna-se importante realizar as análises de estrutura de comunidades em bases mais específicas, reduzindo, assim, a escala de investigação. Tal partilha de nicho temporal em menores escalas já foi observada para anuros, dentro da estação chuvosa (Gottsberger & Gruber 2004) e também com alterações diárias na composição da comunidade (Hsu *et al.* 2006).

Portanto, embora o tempo seja um recurso sempre disponível para utilização, a ocupação do espaço de nicho temporal pode se tornar limitante à medida que diversas

espécies de anuros fazem uso do mesmo, especialmente dentro da estação quente/chuvosa que constitui o período reprodutivo da maioria das espécies (Bertoluci & Rodrigues 2002, Oseen & Wassersug 2002).

Assim, pode-se concluir que a comunidade de anuros dos Mananciais da Serra varia temporalmente apresentando um padrão sazonal, evidenciado tanto pelas diferenças na riqueza/abundância entre as estações, quanto pela relação com as variáveis abióticas. Além disso, a composição de espécies demonstra ser estruturada pelo fator temporal, através do ajuste dos modelos de distribuição da abundância das espécies e, também, pela partilha de nicho temporal, observada dentro das estações quente/chuvosa e fria/seca.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AICHINGER, M. 1987. Annual activity patterns of anurans in a seasonal neotropical environment. *Oecologia* 71:583-592.
- ALBRECHT, M. & GOTELLI, N. J. 2001. Spatial and temporal niche partitioning in grassland ants. *Oecologia* 126:134-141.
- ALFORD, R. A. 1999. Ecology: resource use, competition, and predation. Pp 240–278. in: Altig, R. & McDiarmid, R. W. (eds.). *Tadpoles: The Biology of Anuran Larvae*. The University of Chicago Press, Chicago.
- ALGAR, A. C., KERR, J. T. & CURRIE, D. J. 2011. Quantifying the importance of regional and local filters for community trait structure in tropical and temperate zones. *Ecology* 92: 903–914.
- ALMEIDA-GOMES, M., VAN SLUYS, M. & ROCHA, C. F. D. 2007. Calling activity of *Crossodactylus gaudichaudii* (Anura: Hylodidae) in an Atlantic Rainforest area at Ilha Grande, Rio de Janeiro, Brasil. *Belgium Journal of Zoology* 137:203-207.
- ANGILLETTA, M. J. Jr. 2009. Thermal adaptation a theoretical and empirical synthesis. Oxford University Press, New York.
- ARMSTRONG, C. G. & CONTE, C. E. 2010. Assemblage of anurans (Amphibia, Anura) of an area of Atlantic Forest, South of Brazil. *Biota Neotropica* 10(1):<http://www.biotaneotropica.org.br/v10n1/en/abstract?article+bn00610012010>.

- BASTAZINI, C. V., MUNDURUCA, J. F. V., ROCHA, P. L. B. & NAPOLI, M. F. 2007. Which environmental variables better explain changes in anuran community composition? A case study in the restinga of Mata de São João, Bahia, Brazil. *Herpetologica* 63:459-471.
- BERTOLUCI, J. & RODRIGUES, J. T. 2002. Seasonal patterns of breeding activity of Atlantic Rainforest anurans at Boracéia, Southeastern Brazil. *Amphibia-Reptilia* 23:161-167.
- BOTH, C., KAEFER, I. L., SANTOS, T. G. & CECHEIN, S. T. Z. 2008. An austral assemblage in the Neotropics: seasonal occurrence correlated with photoperiod. *Journal of Natural History* 42:205-222.
- CANAVERO, A., ARIM, M. & BRAZEIRO, A. 2009. Geographic variations of seasonality and coexistence in communities: The role of diversity and climate. *Austral Ecology* 34:741-750.
- CAVIGLIONE, J. H., KIIHL, L. R. B., CARAMORI, P. H. & OLIVEIRA, D. 2000. *Cartas climáticas do Paraná*. IAPAR, Londrina.
- CHESSON, P. 2000. Mechanisms of maintenance of species diversity. *Annual Review of Ecology and Systematics* 31:343-358.
- CLARKE, K. R. 1993. Non-parametric multivariate analysis of changes in community structure. *Austral Journal of Ecology* 18:117-143.
- CONTE, C. E. & MACHADO, R. A. 2005. Riqueza de espécies e distribuição espacial e temporal em comunidade de anuros (Amphibia, Anura) em uma localidade de Tijucas do Sul, Paraná, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia* 22:940-948.
- CONTE, C. E. & ROSSA-FERES, D. de C. 2006. Diversidade e ocorrência temporal da anurofauna (Amphibia, Anura) em São José dos Pinhais, Paraná, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia* 23:162-175.
- CONTE, C. E. & ROSSA-FERES, D. de C. 2007. Riqueza e distribuição espaço temporal de anuros em um remanescente de Floresta de Araucária no sudeste do Paraná. *Revista Brasileira de Zoologia* 24:1025-1037.
- CORN, P. S. 1994. Straight-line drift fences and pitfall traps. Pp. 109–117 in: Heyer, W. R., Donnely, M. A., McDiarmid, R. W., Hayek, L. C. & Foster, M. S (eds.). *Measuring and Monitoring Biological Diversity: Standard Methods for Amphibians*. Smithsonian Institution Press, Washington, DC.

- CRUMP, M. L. & SCOTT-JUNIOR, N. J. 1994. Standard techniques for inventory and monitoring: Visual encounter surveys. Pp 84-92 in: Heyer, W. R., Donnelly, M. A., McDiarmid, R. W., Hayek, L. C. & Foster, M. S (eds.). *Measuring and Monitoring Biological Diversity: Standard Methods for Amphibians*. Smithsonian Institution Press, Washington, DC.
- CUNHA, A. K., OLIVEIRA, I. S. de & HARTMANN, M. T. 2010. Anurofauna da Colônia Castelhanos, na Área de Proteção Ambiental de Guaratuba, Serra do Mar paranaense, Brasil. *Biotemas* 23:123-134.
- DUELLMAN, W. E. & TRUEB, L. 1994. *Biology of the Amphibians*. The Johns Hopkins University Press, Baltimore. 670pp.
- ERNST, R. & RÖDEL, M. O. 2006. Community assembly and structure of tropical leaf-litter anurans. *Ecotropica* 12:113-129.
- FEISINGER, P., SPEARS, E. E. & POOLE, R. W. 1981. A simple measure of niche breadth. *Ecology* 62:27–32.
- FRONTIER, S. 1985. Diversity and structure in aquatic ecosystems. *Oceanography and Marine Biology: An Annual Review* 23:253–312.
- FROST, D. R. 2014. Amphibian Species of the World: an Online Reference. Version 6.0. Accessible at <http://research.amnh.org/vz/herpetology/amphibia/> American Museum of Natural History, New York, USA. Last accessed on 03 March 2015.
- GAREY, M. V. & HARTMANN, M. T. 2012. Anurans of Reserva Natural Salto Morato, municipality of Guaraqueçaba, State of Paraná, southern Brazil. *Biota Neotropica* 12(4):<http://www.biotaneotropica.org.br/v12n4/en/abstract?inventory+bn00312042012>
- GILBERT, B., SRIVASTAVA, D. S. & KIRBY, K. R. 2008. Niche partitioning at multiple scales facilitates coexistence among mosquito larvae. *Oikos* 117:944-950.
- GOTELLI, N. J. 2000. Null model analysis of species co-occurrence patterns. *Ecology* 81:2606–2621.
- GOTELLI, N. J. & ENTSMINGER, G. L. 2012. EcoSim: Null Models Software for Ecology. Version 7.72, Inc. <http://www.uvm.edu/~ngotelli/EcoSim/EcoSim.html>

- GOTTSBERGER, B. & GRUBER, E. 2004. Temporal partitioning of reproductive activity in a neotropical anuran community. *Journal of Tropical Ecology* 20:271-280.
- GRANT, R., HALLIDAY, T. & CHADWICK, E. 2013. Amphibians response to the lunar synodic cycle - a review of current knowledge, recommendations, and implications for conservation. *Behavioral Ecology* 24:53-62.
- GUIMARÃES, T. C. S., FIGUEIREDO, G. B., MESQUITA, D. O. & VASCONCELLOS, M. M. 2011. Ecology of *Hypsiboas albopunctatus* (Anura: Hylidae) in a Neotropical Savanna. *Journal of Herpetology* 45:244–250.
- HADDAD, C. F. B., TOLEDO, L. F., PRADO, C. P. A., LOEBMANN, D., GASPARINI, J. L. & SAZIMA, I. 2013. *Guia dos Anfíbios da Mata Atlântica: diversidade e biologia. Guide to the Amphibians of the Atlantic Forest: diversity and biology*. Anolisbooks, São Paulo. 544pp.
- HAYEK, L. A. C. 1994. Research design for quantitative amphibian studies. Pp. 21-39 in: Heyer, W. R., Donnely, M. A., McDiarmid, R. W., Hayek, L. C. & Foster, M. S (eds.). *Measuring and Monitoring Biological Diversity: Standard Methods for Amphibians*. Smithsonian Institution Press, Washington, DC.
- HIERT, C. & MOURA, M. O. 2010. Abiotic correlates of temporal variation of *Hypsiboas leptolineatus* (Amphibia: Hylidae). *Zoologia* 27:703–708.
- HIERT, C., ROPER, J. J. & MOURA, M. O. 2012. Constant breeding and low survival rates in the subtropical Striped Frog in southern Brazil. *Journal of Zoology* 288:151-158
- HSU, M. Y., KAM, Y. C. & FELLERS, G. M. 2006. Temporal organization of an anuran acoustic community in a Taiwanese subtropical forest. *Journal of Zoology* 269:331–339
- INGER, R. F. & COLWELL, R. K. 1977. Organization of contiguous communities of amphibians and reptiles in Thailand. *Ecological Monographs* 47:229–253.
- JACKSON, D. A. 1993. Stopping rules in principal component analysis: a comparison of heuristical and statistical approaches. *Ecology* 74:2204-2214.
- JOHNSON, J. B. & OMLAND, K. S. 2004. Model selection in ecology and evolution. *Trends in Ecology & Evolution* 19:101-108.

- KOPP, K. & ETEROVICK, P. C. 2006. Factors influencing spatial and temporal structure of frog assemblages at ponds in southeastern Brazil. *Journal of Natural History* 40:1813-1830.
- KREBS, C. J. 1999. *Ecological methodology*. Second edition. Harper and Row, New York. 620 pp.
- LEGENDRE, P. & GALLAGHER, E. 2001. Ecologically meaningful transformations for ordination of species data. *Oecologia* 129:271-280.
- LEGENDRE, P. & LEGENDRE, L. 1998. *Numerical Ecology*. Elsevier Science BV, Amsterdam. 53 pp.
- MAACK, R. 1981. *Geografia física do estado do Paraná*. José Olympio Editora, Rio de Janeiro. 450 pp.
- MACARTHUR, R. H. 1957. On the relative abundance of bird species. *Proceeding of the National Academy of Sciences of the USA* 43:293-295.
- MAGURRAN, A. E. 2011. *Medindo a Diversidade Biológica*. Editora da UFPR, Curitiba. 261 pp.
- McGILL, B. J., ETIENNE, R. S., GRAY, J. S., ALONSO, D., ANDERSON, M. J. & BENECHA, H. K. 2007. Species abundance distributions: moving beyond single prediction theories to integration within an ecological framework. *Ecology Letters* 10:995–1015.
- MENIN, M., ROSSA-FERES, D. de C. & GIARETTA, A. A. 2005. Resource use and coexistence of two syntopic hylid frogs (Anura, Hylidae). *Revista Brasileira de Zoologia* 22:61-72.
- MORELLATO, L. P. C. & HADDAD, C. F. B. 2000. Introduction: The Brazilian Atlantic Forest. *Biotropica* 32:786-792
- MORIN, P. J. 1983. Predation, competition, and the composition of larval anuran guilds. *Ecological Monographs* 53:119-138.
- MOTOMURA, I. 1947. Further notes on the law of geometrical progression of the population density in animal association. *Physiological Ecology* 1:55-60.
- OKSANEN, J., BLANCHET, F. G., KINDT, R., LEGENDRE, P., MINCHIN, P. R., O'HARA, R. B., SIMPSON, G. L., SOLYMOS, P., STEVENS, M. H. H. & WAGNER, H. 2013. *Vegan: Community Ecology Package*. R package version 2.0-7. Available at: <http://cran.r-project.org/package=vegan>

- OSEEN, K. L. & WASSERSUG, R. J. 2002. Environmental factors influencing calling in sympatric anurans. *Oecologia* 133:616–625.
- PAINE, R. T. 1966. Food web complexity and species diversity. *American Naturalist* 100:65-76.
- POMBAL JR, J. P. 1997. Distribuição espacial e temporal de anuros (Amphibia) em uma poça permanente na Serra de Paranapiacaba, Sudeste do Brasil. *Revista Brasileira de Biologia* 57:583-594.
- POMBAL JR, J. P. & HADDAD, C. F. B. 2005. Estratégias e modos reprodutivos de anuros (Amphibia) em uma poça permanente na Serra de Paranapiacaba, Sudeste do Brasil. *Papéis Avulsos de Zoologia* 45:201-213.
- PRESTON, F. W. 1948. The commonness, and rarity, of species. *Ecology* 29:254-283.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM. 2012. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org/>.
- REGINATO, M. & GOLDENBERG, R. 2007. Análise florística, estrutural e fitogeográfica da vegetação em região de transição entre as Florestas Ombrófilas Mista e Densa Montana, Piraquara, Paraná, Brasil. *Hoehnea* 34:349-364.
- RICKLEFS, R. E. 1987. Community diversity: the relative roles of local and regional processes. *Science* 235:167-171.
- ROHLF, F. J. 2001. *NTSYS 2.1: Numerical Taxonomic and Multivariate Analysis System*. Exeter Software, New York.
- SAENZ, D., FITZGERALD, L. A., BAUM, K. A. & CONNER, R. N. 2006. Abiotic correlates of anuran calling phenology: the importance of rain, temperature, and season. *Herpetological Monographs* 20:64-82.
- SCHOENER, T. W. 1974. Resource partitioning in ecological communities. *Science* 185:27–39.
- SCOTT JR, N. J. & WOODWARD, B. D. 1994. Standard techniques for inventory and monitoring: Surveys at breeding sites. Pp. 118-125 in: Heyer, W. R., Donnely, M. A., McDiarmid, R. W., Hayek, L. C. & Foster, M. S (eds.). *Measuring and Monitoring Biological Diversity: Standard Methods for Amphibians*. Smithsonian Institution Press, Washington, DC.



- SILVA, F. R. da & ROSSA-FERES, D. de C. 2007. Uso de fragmentos florestais por anuros (Amphibia) de área aberta na região noroeste do estado de São Paulo. *Biota Neotropica* 7:141-147.
- SOUZA, V. M. de, SOUZA, M. B. de & MORATO, E. F. 2008. Efeitos da sucessão florestal sobre a anurofauna (Amphibia: Anura) da Reserva Catuaba e seu entorno, Acre, Amazônia sul-ocidental. *Revista Brasileira de Zoologia* 25:49-57.
- STRAUB, A., RANDRIANAINA, R. D., VENCES, M. & GLOS, J. 2013. Species distribution and assembly patterns of frog larvae in rain forest streams of Madagascar. *Hydrobiologia* 702:27-43.
- STRUMINSKI, E. 2001. *Parque Estadual Pico do Marumbi*. Editora da Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 185 pp.
- SUGIHARA, G. 1980. Minimal community structure: an explanation of species abundance patterns. *American Naturalist* 116:770-787.
- TOFT, C. A. 1985. Resource partitioning in amphibians and reptiles. *Copeia* 1985:1-21.
- TOLEDO, L. F., SILVA, R. R. & HADDAD, C. F. B. 2007. Anurans as prey: an exploratory analysis and size relationships between predators and their prey. *Journal of Zoology* 271:170-177.
- WALPOLE, A. A., BOWMAN, J., TOZER, D. C. & BADZINSKI, D. S. 2012. Community-level response to climate change: shifts in anuran calling phenology. *Herpetological Conservation and Biology* 7:249-257.
- WELLS, K. D. 2007. *The ecology and behavior of amphibians*. Chicago, The University of Chicago Press. 1148 pp.
- WHITTAKER, R. H. 1972. Evolution and measurement of species diversity. *Taxon* 21:213-251.
- WIENS, J. J. & GRAHAM, C. H. 2005. Niche conservatism: Integrating Evolution, Ecology and Conservation Biology. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics* 36:519-539.
- WILBUR, H. M. 1997. Experimental ecology of food webs: complex systems in temporary ponds. *Ecology* 78:2279-2302.
- WILSON, J. B. 1991. Methods for fitting dominance/diversity curves. *Journal of Vegetation Science* 2:35-46.

- WINEMILLER, K. O. & PIANKA, E. R. 1990. Organization in natural assemblages of desert lizards and tropical fishes. *Ecological Monographs* 60:27–56
- ZAR, J. H. 1984. *Biostatistical Analysis*. 2nd ed. Prentice Hall International, New Jersey. 718 pp.





<i>Proceratophrys boiei</i>	X	X	X	-	-	-	-	-	-	X	X	X	X	X	X	-	-	-
<i>P. subguttata</i> *	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total de Espécies	24	24	27	16	13	10	07	04	03	09	15	20	23	24	26	20	10	07

**Tabela 2.** Escores das variáveis abióticas no primeiro (PC1) e segundo (PC2) componentes principais, porcentagem de variância explicada pelos componentes e porcentagem cumulativa de variância para a comunidade de anuros dos Mananciais da Serra, Piraquara, Paraná, no período de novembro de 2010 a abril de 2012.

	Componente Principal	
	PC1	PC2
Temperatura mínima	0.46	-0.39
Temperatura máxima	0.42	-0.53
Umidade relativa do ar mínima	0.44	0.49
Umidade relativa do ar máxima	0.43	0.54
Temperatura da água	0.46	-0.09
Porcentagem de variância (%)	74.70	14.25
Porcentagem cumulativa (%)	74.70	88.95

**Tabela 3.** Escores das variáveis abióticas no primeiro (PC1) e segundo (PC2) componentes principais das principais estações (Fria/Seca e Quente/Chuvosa), a porcentagem de variância do componente principal e sua porcentagem cumulativa, para a comunidade de anuros dos Mananciais da Serra, Piraquara, Paraná, no período de novembro de 2010 a abril de 2012.

	Estação Fria/Seca		Estação Quente/Chuvosa	
	PC1	PC2	PC1	PC2
Temperatura mínima	-0.46	-0.45	0.49	-0.24
Temperatura máxima	-0.51	-0.31	0.39	-0.65
Umidade relativa do ar mínima	-0.38	0.61	0.46	0.35
Umidade relativa do ar máxima	-0.41	0.53	0.41	0.62
Temperatura da água	-0.46	-0.18	0.47	-0.10
Porcentagem de variância (%)	65.53	23.58	68.07	15.96
Porcentagem cumulativa (%)	65.53	89.11	68.07	84.03

**Tabela 4.** Modelos de distribuição de abundância de espécies para as estações do ano (outono, inverno, primavera, verão) e comunidade total de anuros dos Mananciais da Serra, Piraquara, Paraná, no período de novembro de 2010 a abril de 2012.. A seleção do ajuste dos modelos foi através do critério de Akaike (AIC), desvio e  $\Delta AIC$ , que é a diferença entre o valor de AIC entre o modelo atual e o modelo de melhor ajuste (modelo com menor valor de AIC). Os modelos de melhor ajuste estão em negrito.

Modelo	<b>Outono</b>		
	Desvio	AIC	$\Delta AIC$
<b>Série Geométrica</b>	<b>9.76</b>	<b>121.80</b>	<b>0</b>
Zipf-Mandelbrot	9.62	125.65	3.85
Nulo	22.10	132.14	10.34
Log-normal	37.70	151.74	29.94
Zipf	99.97	214.0	92.20
Modelo	<b>Inverno</b>		
	Desvio	AIC	$\Delta AIC$
<b>Série Geométrica</b>	<b>6.72</b>	<b>88.67</b>	<b>0</b>
Zipf-Mandelbrot	4.81	90.76	2.09
Log-normal	9.16	93.11	4.44
Nulo	17.61	97.56	8.89
Zipf	27.20	111.15	22.49
Modelo	<b>Primavera</b>		
	Desvio	AIC	$\Delta AIC$
<b>Série Geométrica</b>	<b>36.01</b>	<b>212.79</b>	<b>0</b>
Zipf-Mandelbrot	35.71	216.50	3.71
Nulo	79.39	254.18	41.39
Log-normal	88.90	267.68	54.89
Zipf	269.89	448.68	235.89
Modelo	<b>Verão</b>		
	Desvio	AIC	$\Delta AIC$
<b>Zipf-Mandelbrot</b>	<b>29.00</b>	<b>232.39</b>	<b>0</b>
<b>Série Geométrica</b>	<b>33.97</b>	<b>233.37</b>	<b>0.98</b>
Nulo	63.06	260.45	28.06
Log-normal	75.78	277.17	44.78
Zipf	300.10	501.5	269.11
Modelo	<b>Total</b>		
	Desvio	AIC	$\Delta AIC$
<b>Série Geométrica</b>	<b>75.84</b>	<b>305.18</b>	<b>0</b>
Zipf-Mandelbrot	75.54	308.87	3.69
Log-normal	355.74	587.07	281.89
Nulo	368.23	595.56	290.38
Zipf	987.45	1218.78	913.60



**Tabela 5.** Análise de sobreposição de nicho temporal com modelos nulos para a comunidade de anuros dos Mananciais da Serra, Piraquara, Paraná, testando se há partilha do recurso temporal ao longo do ano e entre as principais estações (Quente/Chuvosa e Fria/Seca). Para esta análise foram utilizados o índice de sobreposição de Czekanowski e dois algoritmos de aleatorização (RA3 e RA1), com 1000 simulações de Monte Carlo.

Escala	Algoritmo	Índice observado	Índice simulado	Variância	$P_{obs<esp}$	$P_{obs>esp}$
				dos índices simulados		
Anual (todo o ano)	Fixo-Fixo	0.20383	0.12638	0.00001	1.0000	0.0000
Sazonal (estação quente)	Fixo-Equiprovável	0.23514	0.66735	0.00004	0.0000	1.0000
Sazonal (estação fria)	Fixo-Equiprovável	0.23019	0.66744	0.00007	0.0000	1.0000

## Legendas das Figuras

**Figura 1.** Localização geográfica da localidade dos Mananciais da Serra, dentro do município de Piraquara (canto inferior direito), região leste do estado do Paraná (porção superior), Brasil (canto inferior esquerdo).

**Figura 2.** Riqueza (**a**) e abundância (**b**) de anuros (média  $\pm$  desvio padrão) entre as estações do ano, na região dos Mananciais da Serra, município de Piraquara, Paraná, no período de novembro de 2010 a abril de 2012. Onde letras diferentes (A, B) indicam diferenças estatísticas, de acordo com a comparação de médias do teste Tukey, *a posteriori*.

**Figura 3.** Relação entre o primeiro componente principal (PC1) com riqueza (**a**) e abundância (**b**) de anuros da região dos Mananciais da Serra, município de Piraquara, Paraná, no período de novembro de 2010 a abril de 2012. Onde:  $\bigcirc$  = verão,  $\triangle$  = primavera,  $\times$  = outono e  $+$  = inverno.

**Figura 4.** Relação entre o primeiro componente principal (PC1) com a riqueza e abundância de anuros na estação Fria/Seca (**a** e **b**, respectivamente) e na estação Quente/Chuvosa (**c** e **d**, respectivamente), na região dos Mananciais da Serra, município de Piraquara, Paraná, no período de novembro de 2010 a abril de 2012. Onde:  $\bigcirc$  = verão,  $\triangle$  = primavera,  $\times$  = outono e  $+$  = inverno.

**Figura 5.** Ordenação por NMDS (stress = 0.14), representando a dispersão das amostras temporais da comunidade de anuros dos Mananciais da Serra, município de Piraquara, Paraná, no período de novembro de 2010 a abril de 2012, com o agrupamento nas estações do ano, onde: inverno = preto, outono = cinza, primavera = vermelho e verão = azul. As caixas de texto com os nomes das estações constituem os centróides dos agrupamentos.

**Figura 6.** Frequência relativa (%) do índice de sobreposição de Nicho de Czekanowski, considerando a abundância temporal das espécies de anuros, ao longo de toda a

amostragem **(a)** e dentro das principais estações do ano **(b)**, para a comunidade de anuros dos Mananciais da Serra, município de Piraquara, Paraná, no período de novembro de 2010 a abril de 2012.

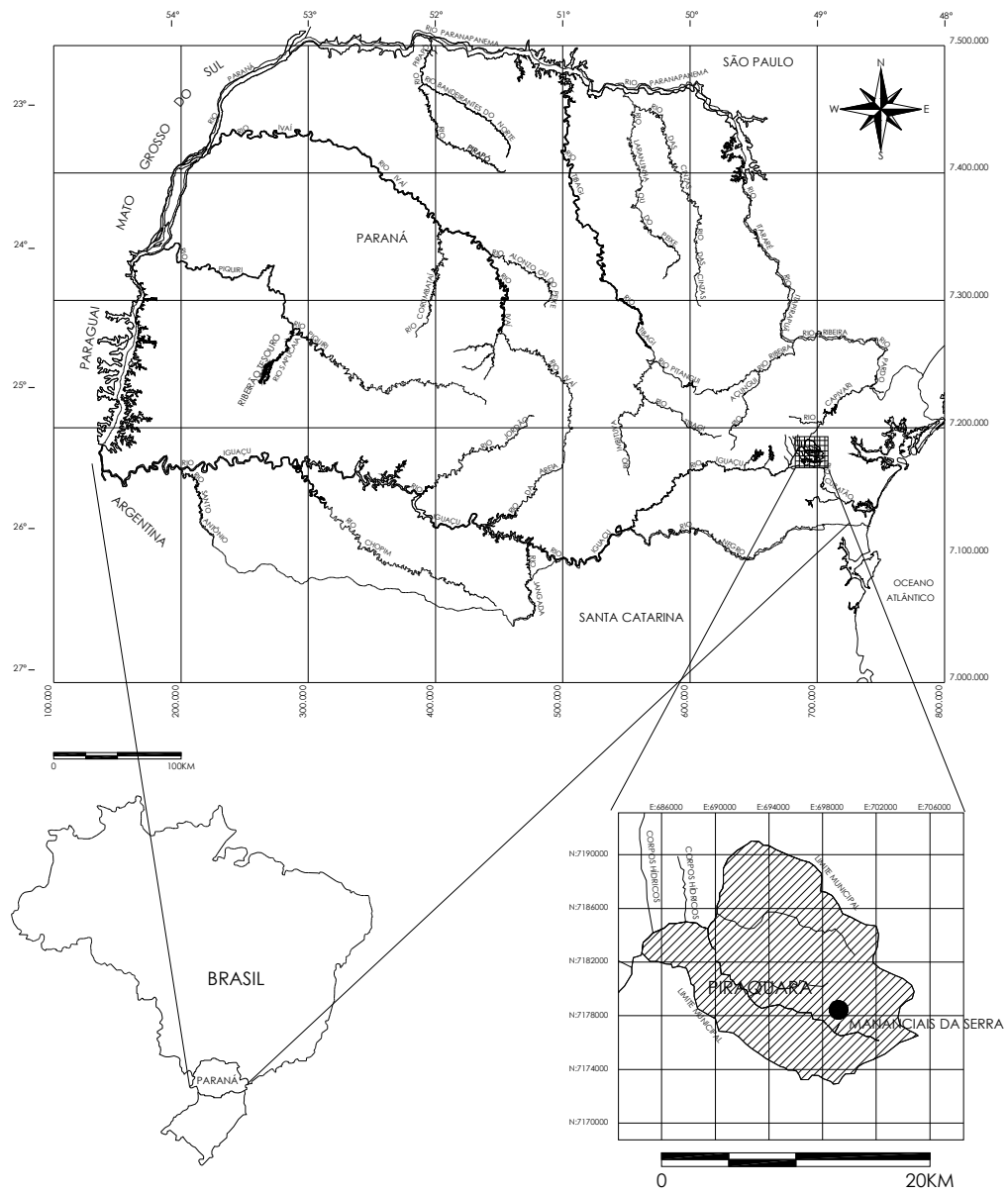
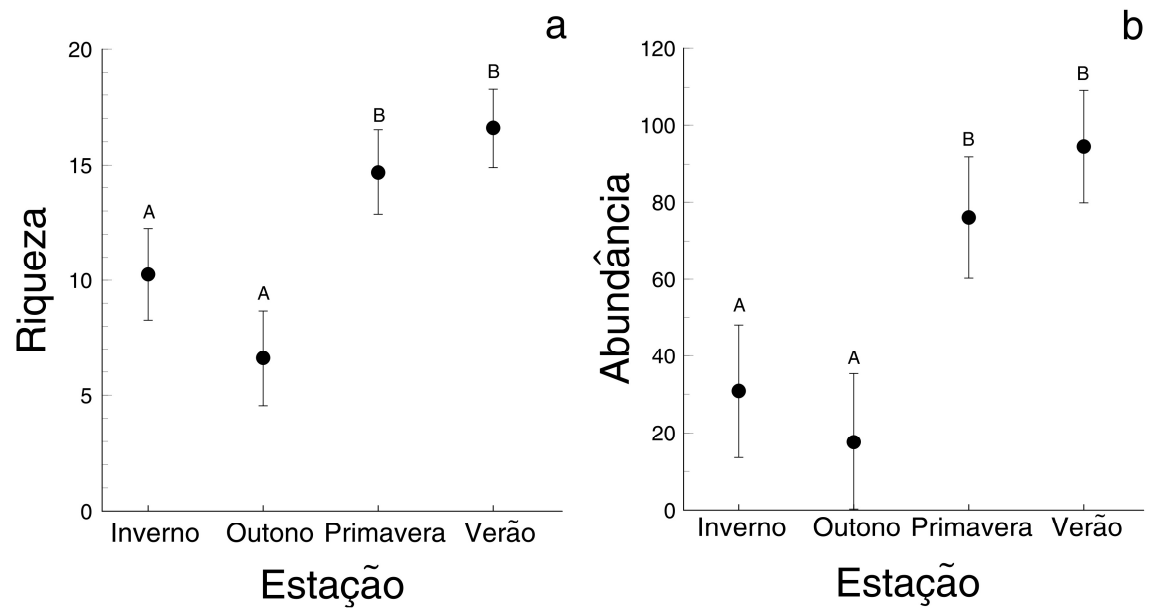


Figura 1



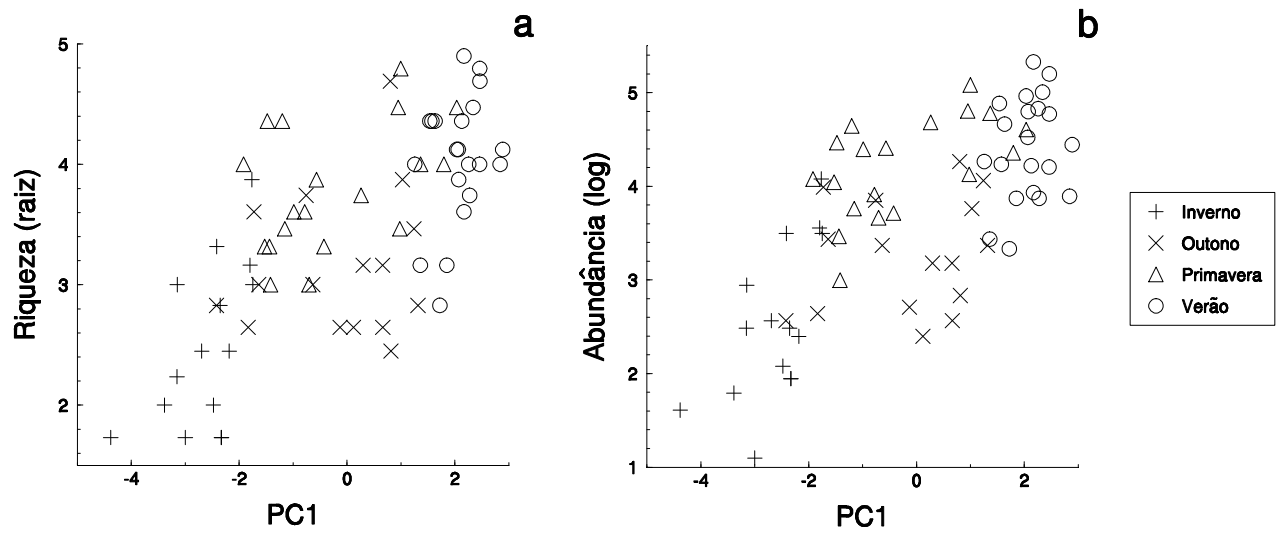


Figura 3

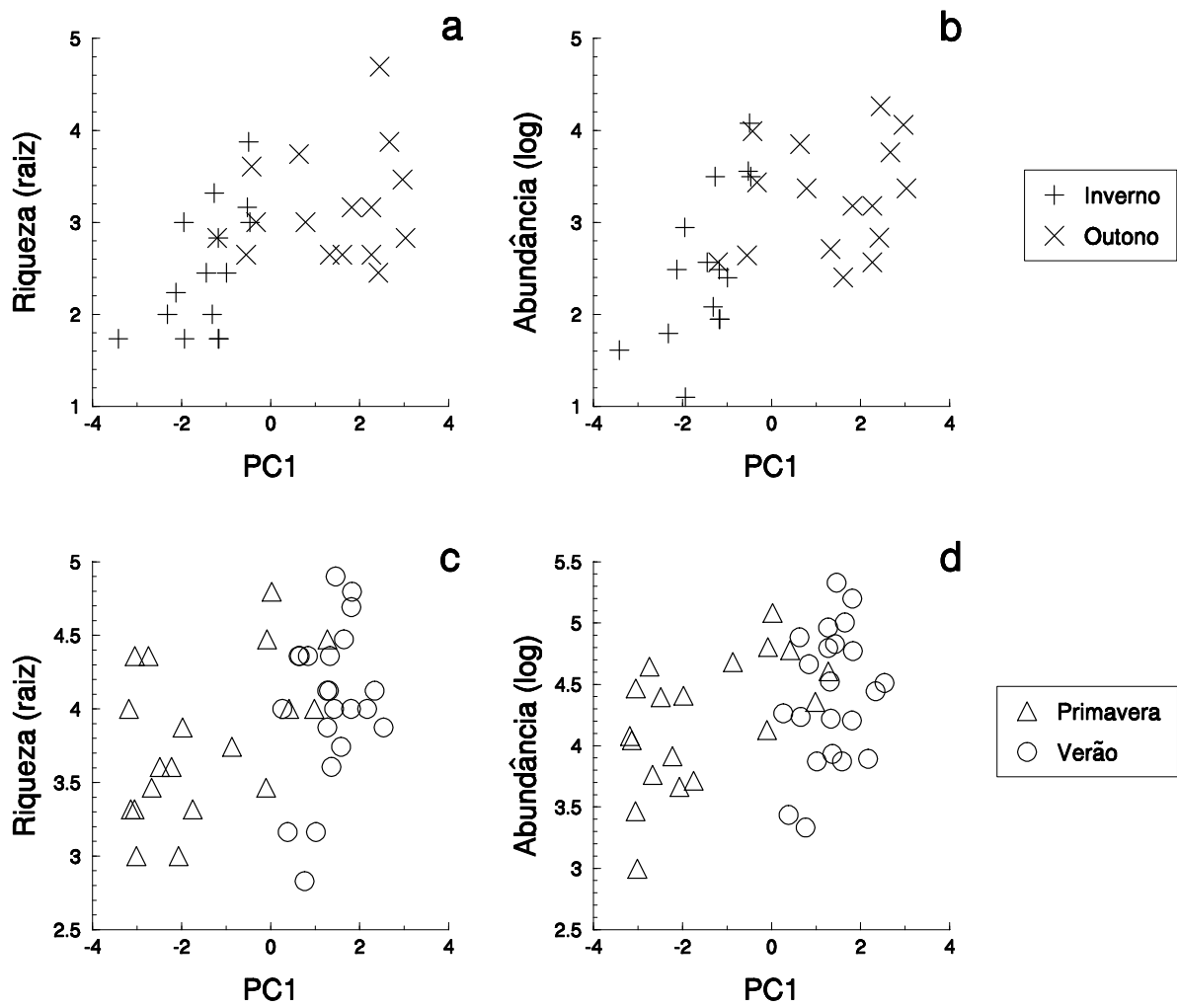


Figura 4

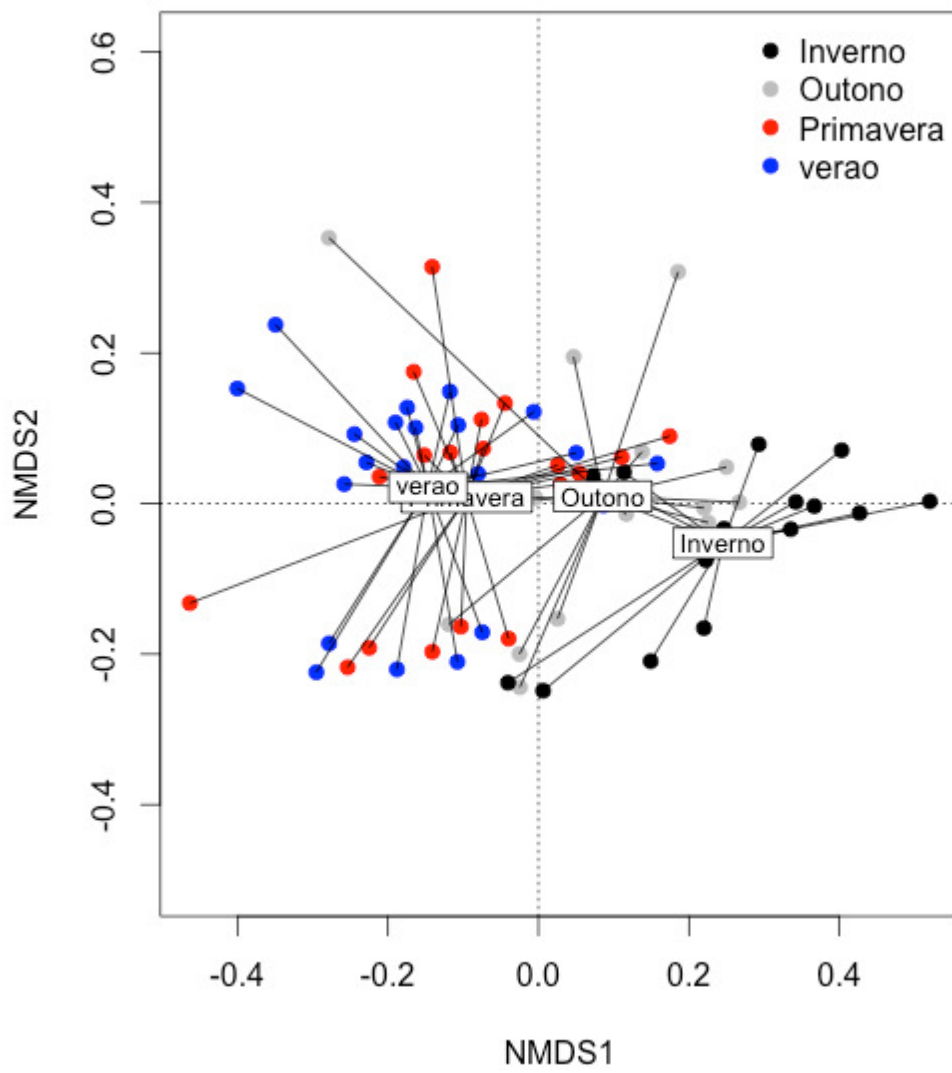


Figura 5



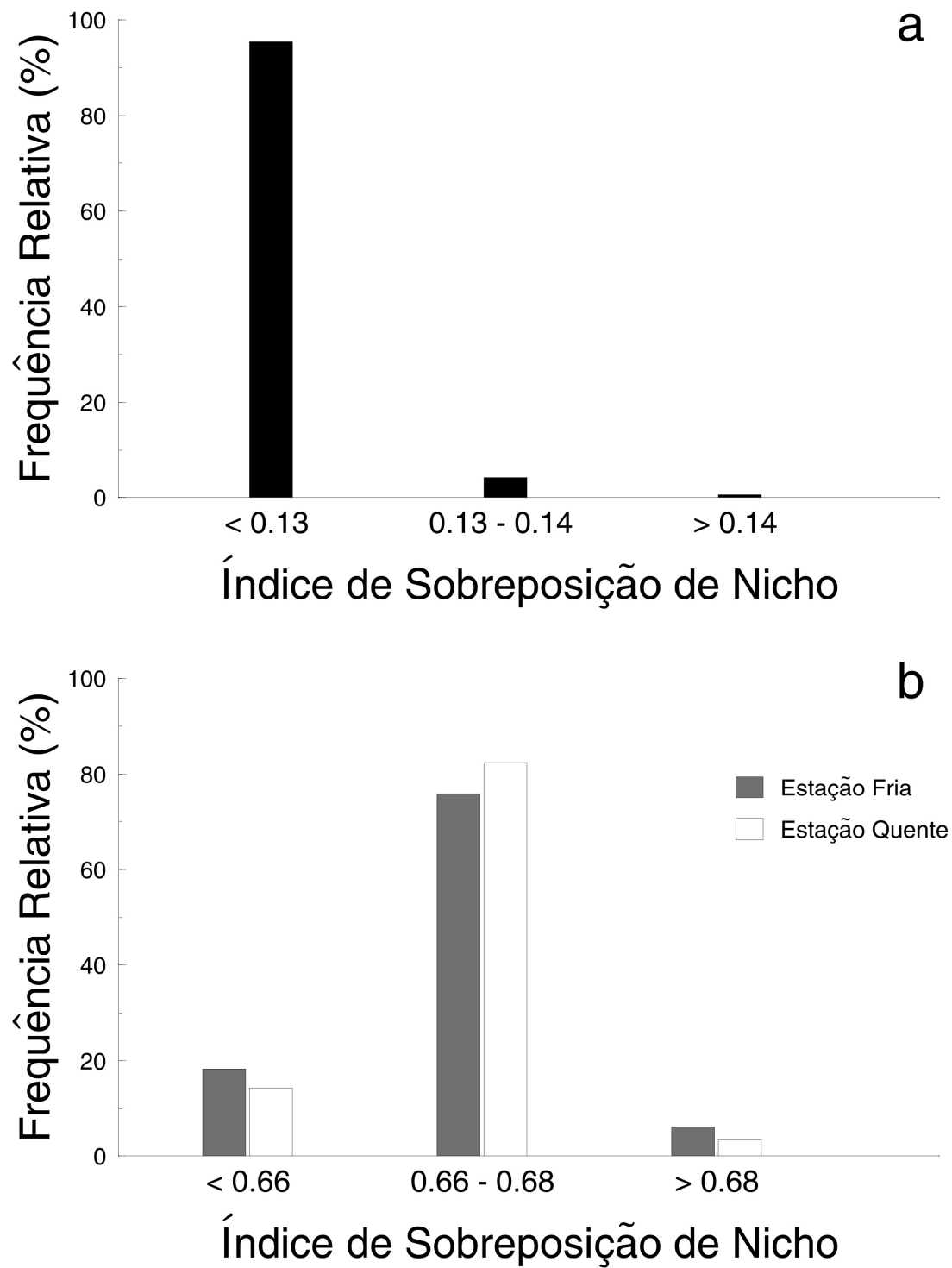


Figura 6

## CAPÍTULO 2

### Distribuição de espécies e padrões de estruturação espacial de uma comunidade de anuros em área de ecótono na Floresta Atlântica

Cristiane Hiert<sup>1,2</sup> & Mauricio O. Moura<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup> Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação, Universidade Federal do Paraná - UFPR, Caixa Postal 19031, CEP 81531-980, Curitiba, Paraná, Brasil.

<sup>2</sup> Departamento de Biologia, Universidade Estadual do Centro-Oeste - UNICENTRO, Caixa Postal 3010, CEP 85040-080, Guarapuava, Paraná, Brasil. E-mail: [chiert@unicentro.br](mailto:chiert@unicentro.br)

<sup>3</sup> Departamento de Zoologia, Universidade Federal do Paraná - UFPR. Caixa Postal 19020, CEP 81531-980, Curitiba, Paraná, Brazil; E-mail: [mauricio.moura@ufpr.br](mailto:mauricio.moura@ufpr.br)

\*Artigo elaborado de acordo com as normas do periódico Journal of Tropical Ecology.

## RESUMO

O nicho espacial baseia-se na idéia de que a utilização diferencial de ambientes gera uma distribuição espacial que facilita a ocupação da comunidade. Partindo-se dessa premissa esse trabalho avaliou a estruturação da comunidade de anuros em uma área de Floresta Atlântica, com base na distribuição espacial das espécies. Durante 18 meses foram amostradas quatro áreas na localidade dos Mananciais da Serra, município de Piraquara, estado do Paraná, sendo: Floresta Ombrófila Mista (FOM), Transição, Floresta Ombrófila Densa 1 (FOD1) e Floresta Ombrófila Densa 2 (FOD2). Utilizou-se os métodos de amostragem em sítios de reprodução, transecção e busca ativa, a fim de se obter a riqueza de espécies e abundância de machos em atividade de vocalização. A comunidade é composta de 40 espécies de anuros dos quais 28 ocorreram na formação de FOD (23 em FOD1 e 21 em FOD2), seguidas de 24 na área de FOM e 20 anuros na área de Transição. As estimativas de riqueza e abundância variaram entre as áreas, com os maiores valores na área de FOM. A composição de anuros varia de acordo com a matriz vegetal, formando-se um gradiente entre as formações e 57.5% das espécies foram significativamente associadas a algum tipo de área amostral ou formação vegetal. Entre os ambientes, os maiores valores de riqueza e abundância foram para floresta, brejo e poça. Em todas as áreas amostradas pelo menos metade das espécies associa-se a um ambiente específico ou a um grupo destes. Há partilha de nicho espacial nas áreas de FOM, Transição e FOD2. Assim, pode-se dizer que esta comunidade de anuros varia de acordo com as formações vegetais, sendo estruturada pelo componente espacial.

**Palavras-chave:** Anura, formação vegetal, nicho espacial, regras de comunidade.

## **ABSTRACT**

Spatial niche space is based on the idea that the use of differential environments generates a spatial distribution that facilitates the occupation of the community. From this premise this paper evaluated the anurans community organization in an area of Atlantic Forest, based on the species spatial distribution. During 18 consecutive months were sampled four areas in the Mananciais da Serra locality, Piraquara city, Paraná State, being: Araucaria Forest (FOM), Transition (ecotone), Atlantic Forest 1 (FOD1) and Atlantic Forest 2 (FOD2). We used the methods of breeding sites surveys, transection and active search to obtain the species richness and abundance of males in calling activity. The community consists of 40 frog species, from which 28 occurred in the formation of FOD (23 in FOD1 and 21 in FOD2), followed by 24 in the FOM and 20 in Transition area. The richness and abundance estimates varied among areas, with the highest values in FOM area. The species composition varies according to the vegetation matrix, forming a gradient among formations and 57.5% of species were significantly associated with some kind of area or vegetation type. Among the environments, the greatest richness and abundance were to forest, marsh and pond. In all areas sampled at least half of species is associated with a particular environment or to a group of them. We found spatial niche partition in FOM, Transition and FOD2 areas. Thus, it can be said that this frog community varies according to vegetation formations, being structured by the spatial component.

**Keywords:** Anura, assembly rules, spatial niche, vegetation formation

## INTRODUÇÃO

Compreender os processos responsáveis pela variação de riqueza e abundância em diferentes comunidades constitui uma questão fundamental da ecologia (Harrison & Cornell 2008). Contudo, ainda não se tem claro quais fatores atuam na estruturação das comunidades ou, ainda, se existe alguma regra geral de reunião de espécies (Gotelli & McCabe 2002). Várias hipóteses têm sido elaboradas para explicar quais fatores são mais importantes na composição das comunidades, incluindo componentes evolutivos e históricos (Ricklefs & Schluter 1993), efeitos espaciais (e.g. Parris 2004, Ernst & Rödel 2008), climáticos (e.g. Kopp & Eterovick 2006, Bastazini *et al.* 2007), interações entre espécies (e.g. Menin *et al.* 2005), assim como características do habitat (Parris 2004). Assim, percebe-se que os mecanismos que determinam os agrupamentos de espécies atuam em diferentes escalas na estruturação da comunidade. No entanto, tais fatores não exercem esta influência isoladamente, havendo interações entre eles ao longo deste processo (Pianka 1994).

Entre os principais descritores das relações entre as espécies estão os nichos espacial, temporal e trófico (Schoener 1974). Essas três dimensões do nicho produzem as principais diferenças que influenciam a estruturação de uma comunidade em escala local (Pianka 1994, Chesson 2000). De maneira geral, variações na dimensão dos nichos podem diminuir a competição, reduzindo a sobreposição na utilização dos recursos e facilitando, assim, a coexistência entre as espécies (Schoener 1974, Chesson 2000; Gilbert *et al.* 2008).

Especificamente, a análise da riqueza de espécies ao longo de gradientes ambientais pode revelar padrões na composição das comunidades (locais ou regionais) e, também, indicar os fatores que influenciam a coexistência das espécies espacialmente (Ricklefs & Schluter 1993, Wellborn *et al.* 1996). Da mesma forma, a distribuição espacial e os padrões de uso de habitat da maioria dos grupos de vertebrados também são influenciados por diversos fatores, sejam eles recentes ou pretéritos (Oliveira & Eterovick 2010). Entre os fatores atuais, encontram-se a complexidade do habitat, interações bióticas, restrições fisiológicas e variáveis abióticas, que limitam a ocorrência das espécies a determinados habitats e ecossistemas (Parris 2004, Oliveira & Eterovick 2010). Já nos fatores pretéritos, a história evolutiva de cada espécie pode determinar as preferências ou restrições ambientais das espécies. Além disso, os fatores históricos,

como taxas de especiação, eventos de isolamento ou conexão entre biomas podem também influenciar esta distribuição (Hecnar *et al.* 2002, Oliveira & Eterovick 2010, Pyron & Wiens 2013).

As variáveis ambientais e espaciais são características chave para a formação das comunidades de anuros (Van Buskirk 2005) tanto em escala local (e.g. Cardoso *et al.* 1989, Pombal Jr. 1997) quanto regional (e.g. Werner *et al.* 2007, Vasconcelos *et al.* 2009). Uma conclusão comum, independente da escala é a de que identificar e quantificar as variáveis e sua contribuição relativa na estruturação das comunidades constitui um desafio metodológico (e.g. Parris 2004, Ernst & Rödel 2006, Keller *et al.* 2009). Nesse caso, os Anura apresentam características que os tornam um modelo relevante para se testar teorias ecológicas em diversas escalas. Isso ocorre, principalmente, pela relação intrínseca com o ambiente, em virtude de suas restrições e dependências fisiológicas (Wells 2007). Além disso, as comunidades de anuros estão em ambientes delimitados espacialmente, tanto em escala local (ambientes de reprodução como poças e brejos) quanto regional (fragmentos ou matrizes florestais onde os ambientes de reprodução estão inseridos).

A expressiva riqueza de anuros do bioma Mata Atlântica (540 espécies) é atribuída à alta heterogeneidade ambiental do ecossistema, em virtude da grande disponibilidade de água e à presença de terrenos montanhosos, que propiciam o endemismo de espécies (Haddad *et al.* 2013). Grande parte desta riqueza encontra-se nas formações florestais da Mata Atlântica, constituindo as florestas úmidas ou Florestas Ombrófilas (Haddad *et al.* 2013). Neste contexto, a localidade dos Mananciais da Serra, na porção leste do Paraná, pode ser considerada como uma área de grande interesse ecológico, especialmente por localizar-se fitogeograficamente em uma área de ecótono, abrangendo a transição entre duas formações importantes da Mata Atlântica, a Floresta Ombrófila Mista e a Floresta Ombrófila Densa Montana, tornando um ambiente diferenciado e que pode propiciar elevada riqueza e, até mesmo, a presença de anuros endêmicos.

Diante deste cenário, o objetivo do trabalho é determinar se a distribuição espacial afeta a estrutura da comunidade de anuros dos Mananciais da Serra, (1) avaliando variações na composição de espécies ao longo do gradiente (heterogeneidade entre os tipos vegetais), (2) verificando se há sobreposição de nicho entre as espécies,

quanto à utilização do recurso espacial (ambientes) e, também, (3) descrevendo a utilização de ambientes e microhabitats nas diferentes formações florestais.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Área de Estudo

O estudo foi realizado na região dos Mananciais da Serra, município de Piraquara, região metropolitana de Curitiba, estado do Paraná (25° 30' 22"S; 45° 01' 41"W). Essa região possui uma área de 2.340 ha e está situada no extremo oeste do primeiro planalto paranaense, abrangendo uma variação de altitude que vai de 890 a 1.250 metros do nível do mar (Struminski 2001). A área dos Mananciais da Serra é gerenciada pela Companhia de Saneamento do Paraná (SANEPAR) e faz parte da Área de Proteção Ambiental (APA) de Piraquara, inserido no Parque Estadual do Marumbi (Struminski 2001). Nos Mananciais encontram-se um dos últimos remanescentes florestais preservados na região metropolitana de Curitiba, sendo caracterizada como uma floresta em avançado estágio sucessional (Reginato & Goldenberg 2007).

O clima na região é subtropical úmido mesotérmico, correspondendo ao clima Cfb da escala de Köppen (Maack 1981). Possui temperatura média no mês mais frio de 13°C e no mais quente de 21°C e precipitação acumulada anual de até 1800 mm (Caviglione *et al.* 2000). Os índices elevados de precipitação nessa região permitem a formação de vários ambientes que são propícios aos hábitos de vida dos anuros.

A região dos Mananciais da Serra constitui uma área de ecótono, transição entre a Floresta Ombrófila Mista (FOM), conhecida como Floresta com Araucária e a Floresta Ombrófila Densa Montana (FODM), denominada Floresta Atlântica de encosta (Reginato & Goldenberg 2007). Possui grande quantidade de habitats adequados para os anuros, sendo ambientes lóticos (riachos), lênticos naturais (poças permanentes) e ambientes aquáticos antropizados, que foram formados a partir do represamento dos rios e riachos.

Na porção leste da bacia do Rio Piraquara, em direção a Serra do Mar, encontra-se a FODM, que apresenta as florestas mais contínuas e preservadas da região. Nela podem ser observadas a presença de algumas espécies vegetais típicas da Floresta com Araucária, caracterizando o caráter de transição da vegetação. Já a FOM, é representada

na área dos mananciais pela presença de áreas fragmentadas, também chamadas de capões de Araucária, em diversos estágios de conservação (Reginato & Goldenberg 2007). Para a amostragem foram determinadas quatro áreas com características distintas da região dos Mananciais da Serra (Figura 1; Tabela 1), sendo denominadas neste trabalho como: **(FOM)** porções de Floresta com Araucária, em meio a áreas abertas, localizada na entrada do Parque (25° 30' 26,82"S; 49° 01' 52,58"W; altitude média: 890 m); **(Transição)** região de formação de Floresta Ombrófila Densa que, no entanto, ainda conta com a presença de espécimes vegetais típicos de FOM (25° 30' 10,30"S; 48° 59' 09,88"W; altitude média: 970 m); **(FOD1)** início da formação de Floresta Ombrófila Densa Montana, marcando a região de entrada da Trilha do Ipiranga que atravessa a Serra do Mar por cerca de 7 km (25° 29' 21,38"S; 48° 58' 26,59"W; altitude média: 1100 m); **(FOD2)** porção mais elevada de FODM, sendo a continuidade da Trilha do Ipiranga (25° 28' 37,28"S; 48° 57' 48,96"W; altitude média: 1210 m). Em cada uma das áreas foram selecionados quatro ambientes para amostragem (Tabela 1).

### Amostragem

A coleta de dados foi realizada no período de novembro de 2010 a abril de 2012, com incursões a campo de frequência mensal. Em cada mês foram realizadas amostragem por quatro dias consecutivos, totalizando um esforço de cerca de 32 horas mensais ou, ainda, cerca de 576 horas ao longo destes 18 meses.

Para realizar a amostragem foram combinadas três metodologias, sendo (1) amostragem em sítios de reprodução (Scott Jr & Woodward 1994), (2) transecção em ambiente florestal e (3) busca ativa (Crump & Scott Jr 1994). Todos os métodos foram executados continuamente à cada mês, gerando dados de riqueza e abundância da comunidade.

A amostragem em sítios de reprodução consistiu na execução de pontos de escuta nos corpos d'água localizados em todas as áreas amostrais dos Mananciais da Serra (Tabela 1). Os ambientes foram percorridos lentamente, registrando-se os anuros em atividade de vocalização. Assim, foi estimada a riqueza e, também, o número de indivíduos por sítio, considerando uma média de três estimativas do número de machos em atividade de vocalização evitando, assim, superestimativas das populações (Scott Jr & Woodward 1994). O método de transecção foi realizado nos fragmentos florestais das



quatro áreas de amostragem, percorrendo-se um trecho de cerca de 80 metros da borda em direção ao interior da floresta, em cada um dos fragmentos amostrados (Tabela 1). A procura pelos anuros foi orientada auditivamente, registrando os machos que vocalizavam nestas regiões mais afastadas dos corpos d'água. Já a busca ativa (Crump & Scott Jr 1994) foi realizada com a procura de exemplares em refúgios como bromélias, troncos, pedras e outros. O método foi executado nos corpos d'água e no interior dos fragmentos florestais (Tabela 1), com um esforço de aproximadamente uma hora de busca ativa em cada ambiente. Estas três metodologias foram aplicadas no período noturno, desde o entardecer (por volta das 17h) até cerca de 24h, sendo uma noite em cada área selecionada (FOM, Transição, FOD1 e FOD2), totalizando quatro amostragens por mês. Para cumprir a premissa de aleatoriedade e independência nas amostras, a sequência de amostragens foi sorteada em cada fase de campo (Hayek, 1994). À partir destes métodos, obteve-se a riqueza e abundância dos anuros em cada ambiente e área por noite de amostragem.

Sempre que possível foram coletados espécimes-testemunho das diferentes espécies diagnosticadas. Tais exemplares serão, oportunamente, depositados em coleções científicas a serem definidas (Licença ICMBIO para coleta de material zoológico nº 10277-1). Considerando que o canto de anúncio dos anuros constitui uma ferramenta taxonômica para o reconhecimento de espécies, foram registrados, sempre que possível, a vocalização dos machos com gravador digital e microfone unidirecional. A lista de espécies foi elaborada com base na nomenclatura de FROST (2014).

### **Análise de Dados**

Para testar variações nas médias de riqueza e abundância entre as áreas amostradas (FOM, Transição, FOD1 e FOD2) foi utilizado uma análise de variância (ANOVA) com teste Tukey, *a posteriori*, para comparação das médias (Zar 1984).

Para verificar o padrão existente entre as comunidades das quatro áreas amostradas e, conseqüentemente, sua formação vegetal, sem uma hipótese *a priori*, foram utilizadas a análise de agrupamento (Cluster) e a análise de correspondência sem tendência (DCA). Essas análises foram executadas em duas escalas. Em uma escala mais ampla (toda a área dos Mananciais) utilizou-se uma matriz de abundância de

espécies por área. Já, em uma escala menor (dentro de cada uma das áreas), de abundância de espécies por ambiente (floresta, brejo, riacho, poça e pastagem).

A análise de agrupamento foi utilizada para sumarizar os dados da composição das comunidades nas áreas, verificando a relação entre estas, através do coeficiente de dissimilaridade de Bray-Curtis (McCune & Grace 2002). O coeficiente de Bray-Curtis foi utilizado como medida de distância na matriz de abundância por ser considerado adequado para variáveis que possuem muitos 'zeros' ou ausências de espécies (Legendre & Legendre 1998). Já, a análise de correspondência sem tendência (DCA), foi utilizada para ordenar as comunidades de acordo com as diferenças entre as composições de cada formação vegetal, reduzindo a matriz de 40 espécies e quatro áreas para apenas dois eixos de ordenação (Legendre & Legendre 1998). Os autovalores associados a cada eixo são interpretados como a proporção da variância explicada pelos eixos (Legendre & Legendre 1998). A análise de DCA também foi utilizada para verificar a distribuição das espécies entre os ambientes, dentro de cada área. Para reduzir a influência de espécies muito abundantes, os dados de abundância foram transformados pelo método de Hellinger. A distância de Hellinger é um método de transformação adequado para matrizes biológicas de abundância, baseando-se nas diferenças de perfis entre as amostras e promovendo uma distribuição não tendenciosa (Legendre & Gallagher 2001).

Para determinar se existe associação entre a composição da comunidade com a área (tipo vegetal) e, também, com os ambientes, foi utilizada a análise do valor indicador (Indicator value analysis). A ideia geral é determinar quais combinações de espécies podem ser consideradas como indicadoras de um determinado grupo, no caso, formação vegetal (De Cáceres *et al.* 2010). As matrizes de abundância foram transformados (Hellinger) previamente à análise. A determinação do valor indicador das espécies foi feito com o índice de associação indval (indicator value, De Cáceres & Legendre 2009). Esse índice é um produto da especificidade ao sítio (fração A) e o grau de fidelidade (fração B), que é a frequência relativa de ocorrência da espécie. As análises foram feitas no software estatístico R, versão 3.0.1 (R Development Core Team 2012) utilizando a biblioteca *indicspecies* (De Cáceres & Legendre 2009).

A abundância das espécies entre as áreas foi utilizada para determinar a composição destas comunidades e, também, para investigar possíveis mudanças na

estrutura destas comunidades de anuros (Magurran 2011, McGill *et al.* 2007). Foram geradas curvas de distribuição da abundância das espécies, que consiste em plotar, em ordem decrescente, as abundâncias logaritmizadas em relação ao ranking de espécies (Oksanen *et al.* 2013). Para as quatro comunidades estabelecidas (áreas) utilizou-se o método de máxima verossimilhança para gerar as curvas de cada modelo de distribuição de espécies. E, de acordo com o sugerido por Wilson (1991), os modelos considerados foram: (1) Nulo (MacArthur 1957): é um modelo que tem aplicação estatística, sendo utilizado como hipótese nula contra a qual outros padrões de divisão de nicho podem ser testados. Baseia-se na divisão aleatória e simultânea do recurso entre as espécies. (2) Log-normal (Preston 1948): constitui um modelo mais generalizado, em que a grande maioria das comunidades pode ser descrita. A interpretação biológica do modelo prevê uma divisão aleatória e sequencial do recurso entre os nichos, sendo atribuída a comunidades em equilíbrio, com uma baixa proporção de espécies muito raras (Sugihara 1980). (3) Série Geométrica (Motomura 1947): é o modelo que pressupõe que cada espécie da comunidade utiliza uma parte do recurso remanescente, de acordo com a dominância competitiva, levando a uma sequência de decréscimo geométrico na abundância das espécies (Whittaker 1972). Além dos modelos (4) Zipf e (5) Zipf-Mandelbrot (Frontier 1985): que são baseadas nas mesmas premissas e prevêem que a entrada de novas espécies é dependente de condições físicas prévias e da presença de outras espécies mais generalistas, tal como no processo de sucessão ecológica. A diferença na composição de espécies determina se a distribuição será de acordo com o modelo Zipf ou Zipf-Mandelbrot, sendo que o primeiro apresenta um custo menor às espécies, facilitando a entrada das generalistas ou pioneiras e, por sua vez, o modelo Zipf-Mandelbrot indica um custo maior, considerando a entrada de organismos especialistas.

Os modelos de distribuição de espécies foram gerados através da função *Radfit*, na biblioteca *Vegan* 1.8-2 (Oksanen *et al.* 2013) do software estatístico R, versão 3.0.1 (R Development Core Team 2012). A seleção do modelo com melhor ajuste aos dados foi feita utilizando-se o Critério de Akaike (AIC), onde os modelos que possuem o menor valor de AIC apresentam o melhor ajuste (maior quantidade de informação) aos dados de abundância das espécies (Johnson & Omland 2004). Além disso, estimou-se também o seu desvio e o  $\Delta AIC$ , que é a diferença no valor de AIC de um modelo em

relação ao modelo de melhor ajuste (menor valor de AIC). Valores de  $\Delta AIC$  maiores do que dois (2) implicam em modelos com graus diferentes de informação (Johnson & Omland 2004).

Para testar se existe uma diferenciação de nicho espacial maior do que a esperada ao acaso para a comunidade, o padrão de sobreposição foi testado com modelos nulos. A sobreposição de nicho foi estimada através do índice de sobreposição de Czekanowski (Feisinger *et al.* 1981) a partir de uma matriz de utilização, considerando a abundância das espécies (linhas) em cada ambiente (colunas). Este índice varia de zero (0) a um (1), onde valores próximos a 0 indicam que não há sobreposição no uso do recurso e próximos de 1 indicam que há sobreposição e o recurso é compartilhado (Inger & Colwell 1977, Krebs 1999). A análise de modelos nulos foi feita com o software EcoSim7.72 (Gotelli & Entsminger 2012). Foram feitas 1000 simulações utilizando o algoritmo fixo-equiprovável de aleatorização (Winemiller & Pianka 1990).

## RESULTADOS

Das 40 espécies de anuros da localidade dos Mananciais da Serra, 28 foram registradas na formação de Floresta Ombrófila Densa, das quais 23 na área amostral FOD1 e 21 na área FOD2, seguidas de 24 espécies na área de Floresta Ombrófila Mista e, por sua vez, 20 espécies ocorreram em área de transição entre estas duas formações (ecótono) e (Tabela 2). A riqueza de espécies e a abundância variaram entre as áreas de amostragem ( $F_{3,68} = 9.66$ ,  $P = 0.0001$  e  $F_{3,68} = 5.36$ ,  $P = 0.0022$ , respectivamente), com os maiores valores na área de FOM (Figura 2a e 2b). Por sua vez, a área de transição apresentou valores intermediários no número de indivíduos (simbolizado por AB na comparação de médias do Teste Tukey, Figura 2b) e riqueza similar nas áreas FOD1 e FOD2 (B na comparação de médias do Teste Tukey, Figura 2a).

A composição de espécies de anuros dos Mananciais da Serra varia de acordo com a matriz vegetal, formando um gradiente. A análise de dissimilaridade (distância de Bray-Curtis) separou a comunidade de anuros da área de FOM das demais áreas (Transição, FOD1 e FOD2). As áreas de FOM e de ecótono e FOD apresentam 65% das espécies diferentes (dissimilaridade). Por sua vez, a área de Transição com as áreas de

FOD apresentam uma diferença de 40% e, entre as comunidades de FOD1 e FOD2, as espécies são 20% diferentes, constituindo os agrupamentos de anuros mais semelhantes (Figura 3).

Refinando o padrão de distribuição dos anuros entre as diferentes áreas e formações vegetais com a análise de correspondência sem tendência (DCA), observou-se que os dois primeiros eixos explicam cerca de 54% da variação geral das áreas, sendo que o primeiro eixo explica quase 39% e o segundo aproximadamente 15% da variação nas comunidades (Figura 4). O primeiro eixo separa as espécies de FOM e FOD1 das espécies de área de Transição e FOD2. Já no segundo eixo ocorre a separação de FOD1 juntamente com FOD2, oposta aos agrupamentos de FOM e Transição (Figura 4).

As espécies que mais contribuíram para as diferenças entre as comunidades e que foram registradas exclusivamente em uma destas áreas, foram: **FOM** - *Haddadus binotatus*, *Aplastodiscus perviridis*, *Dendropsophus microps*, *D. sanborni*, *Hypsiboas albopunctatus*, *Scinax squalirostris* e *Physalaemus cuvieri*; **Transição** - *Hypsiboas semiguttatus*, *S. gr. catharinae* e *Proceratophrys subguttata*; **FOD1** - *Ischnocnema* sp. e *Vitreorana uranoscopa*; **FOD2** - *Scinax* sp. e *Crossodactylus* sp. Um grande grupo de espécies encontra-se entre as áreas de Transição e FOD2, indicando que são anuros compartilhados entre estas comunidades, como, por exemplo, *I. sambaqui*, *Bokermannohyla circumdata* e *Paratelmatobius* sp.. Por outro lado, espécies como *D. minutus*, *Aplastodiscus albosignatus* e *Proceratophrys boiei* ocorrem amplamente em todas as áreas, sem distinção da formação vegetal, localizando-se no centro do diagrama, em posição intermediária para os dois eixos (Figura 4).

A análise de valor indicador baseado na matriz da abundância de espécies entre as áreas foi parcialmente congruente com os resultados do DCA. Das 40 espécies registradas, 23 (57.5%) foram significativamente associadas a algum tipo de área amostral ou formação vegetal (Tabela 3, Figura 5). As áreas de Transição e FOD2 têm apenas uma espécie associada exclusivamente a elas (*H. semiguttatus* e *Aplastodiscus ehrhardti*, respectivamente). Já, a área de FOM tem nove espécies com associação exclusiva a esse grupo maior do que o esperado ao acaso (Tabela 3). Existem ainda espécies que são associadas a dois ou três grupos vegetais (Figura 5), indicando que embora as composições das comunidades de cada área sejam diferentes, não existem

unidades discretas em cada uma delas, sendo a mudança bastante gradual em termos de abundância ao longo das amostragens.

Os modelos de distribuição da abundância das espécies indicaram que a área de FOM distingue-se das demais, apresentando o modelo Log-normal como o de melhor ajuste para esta comunidade. Por outro lado, para as comunidades de Transição, FOD1 e FOD2 observa-se que o modelo de Série Geométrica é o que melhor descreve a distribuição de abundância nas comunidades (Tabela 4).

Os maiores valores de riqueza de espécies foram observados nos ambientes de floresta, poça e brejo nas quatro áreas amostradas (FOM, Transição, FOD1 e FOD2), sendo que no ambiente de brejo em área de FOM foram registradas 19 espécies, a maior riqueza por ambiente, em cada área (Figura 6a). O ambiente florestal possui valores semelhantes, sendo 18 espécies na área de transição, 17 na área de FOM e 16 espécies em cada área de FOD.

Por sua vez, a abundância teve um padrão semelhante entre os ambientes, em que floresta, poça e brejo possuem elevado número de indivíduos, dentre as áreas. Destacando-se a área de FOM com as maiores abundâncias em brejo e poça (mais de 500 e 300 indivíduos, respectivamente). Já, no ambiente de floresta, a maior abundância registrada foi na área de transição, com mais de 400 indivíduos (Figura 6b).

Com relação a utilização dos ambientes pelas espécies, apenas *Rhinella icterica* ocupou todos os ambientes, independente da área. Outras três espécies de anuros (*Scinax fuscovarius*, *Leptodactylus latrans* e *Physalaemus cuvieri*) foram amostradas em quatro dos cinco ambientes considerados. Por outro lado, um total de 10 espécies foram registradas exclusivamente em um único ambiente, sendo que os habitats que predominaram para estas espécies foram a floresta e riacho (Tabela 2).

De maneira geral, a ocupação dos diferentes ambientes disponíveis dentro de cada área são bastante semelhantes (Figura 7) com a divisão entre ambientes com maior heterogeneidade estrutural (brejo, floresta e riacho) dos com estrutura mais simples (pastagem e poça). Na área de FOM o primeiro eixo separou as espécies ocorrentes em pastagem e poça das espécies de floresta e brejo. Por sua vez, o eixo 2 contrasta os ambientes separados pelo primeiro eixo (Figura 7a). Os grupos mais evidentes mostram-se nas espécies que ficaram próximas da floresta e ocorrem exclusivamente neste ambiente (*Ischnocnema henselii*, *Rhinella abei*, *H. binotatus* e *Phyllomedusa*

*distincta*), nas espécies associadas ao ambiente de poça (*D. microps*, *D. sanborni* e *Hypsiboas faber*), além das que estão junto ao brejo (*S. squalirostris* e *Sphaenorhynchus surdus*).

Na área de transição o primeiro eixo distingue o ambiente de riacho e poça e o segundo eixo separa a ocupação nos ambientes de floresta e brejo (Figura 7b). Essa disposição dos ambientes no espaço dos dois primeiros eixos é bastante associada com as espécies que ocorrem exclusivamente nos ambientes de riacho (*Hylodes heyeri*), poça (*S. gr. catharinae*) e floresta (*Scinax* aff. *rizibilis*, *Paratelmatobius* sp. e *Proceratophrys subguttata*).

Na área FOD1 o primeiro eixo também contrasta as composições de espécies de riacho e poça, com as áreas de floresta e brejo com posições intermediárias, mas em quadrantes diferentes. Já, o segundo eixo separou o ambiente de floresta dos demais (riacho, brejo e poça). Da mesma forma, esta distribuição nos ambientes é basicamente produzida pela abundância de espécies exclusivas de determinados ambientes, sendo *Scythrophrys sawayae* no brejo, *V. uranoscopa* e *H. heyeri* em riacho, *H. faber*, *S. surdus*, *P. aff. gracilis* e *Elachistocleis bicolor* na poça e, também, *Ischnocnema* sp., *I. henselli*, *A. ehrhardti* e *S. aff. rizibilis* em ambiente florestal da FOD1 (Figura 7c).

Finalmente, na área de FOD2, embora o padrão geral seja o mesmo do que na FOD1, a distinção entre os ambientes é muito mais evidente. O primeiro eixo também diferencia o ambiente de riacho da poça. Já, o segundo eixo separa o ambiente florestal do brejo. As espécies que mais influenciaram a separação do ambiente florestal, foram *Ischnocnema sambaqui*, *A. ehrhardti*, *Scinax* sp., *S. aff. rizibilis*, *P. distincta* e *Paratelmatobius* sp. Da mesma forma, os demais ambientes também apresentam espécies que ocorrem unicamente neles, sendo a poça com *R. icterica*, brejo com *S. sawayae* e riacho contando com a presença de *Crossodactylus* sp. e *H. heyeri*. Os demais anuros estão localizados intermediariamente e dispersos no espaço dos dois primeiros eixos (Figura 7d).

Com a análise de valor indicador da abundância de espécies entre os ambientes observou-se que em todas as áreas mais da metade das espécies associa-se a um ambiente específico ou a um grupo destes. O número de espécies informativas foi de 22 (91.66%) na área de FOM, 11 espécies (55%) na Transição, 16 (69.56%) na FOD1 e 13 (61.9%) na área de FOD2, constituindo associações maior do que o esperado ao acaso

(Tabela 5). Na área de FOM, dez espécies associam-se exclusivamente a um ambiente, com quatro espécies associadas ao brejo, três ao ambiente de poça, duas como indicadoras da floresta (*I. henselli* e *R. abei*) e somente uma espécie (*E. bicolor*) associada à pastagem. Na Transição os ambientes de floresta (*I. henselli* e *R. abei*), poça (*Leptodactylus latrans*) e riacho (*H. heyeri*) apresentam espécies exclusivas destes ambientes. Em FOD1 a análise associou cinco espécies ao ambiente de poça, quatro espécies a floresta (*I. henselii*, *R. abei*, *P. distincta* e *S. aff. rizibilis*) e somente o anuro *H. heyeri* está associado ao ambiente de riacho. E na área FOD2 foram seis espécies associadas a floresta (e.g. *I. henselii*, *P. boiei*, *P. distincta* e *S. aff. rizibilis*), uma ao brejo e, também, uma ao riacho. Em todas as áreas, as demais espécies indicadas pela análise estão associadas a grupos de dois ou três ambientes (Tabela 5).

Quanto à análise de sobreposição de nicho, verificou-se partilha de nicho espacial nas áreas de FOM, Transição e FOD2, havendo menor sobreposição no uso dos ambientes do que o esperado ao acaso (Czekanowski = 0.38030, 0.44595 e 0.37270, respectivamente,  $P < 0.05$ ; Tabela 6). Por outro lado, na área FOD1 não foi verificada a partilha de nicho espacial (Czekanowski = 0.31246,  $P = 0.092$ ; Tabela 6). A sobreposição espacial em todas as áreas foi baixa ( $< 0.35$ ), com frequências acima de 70%, o que demonstra um elevado grau de ocupação diferencial do recurso (Figura 8). Os valores intermediários (0.35 - 0.38) foram observados para 1.1%, 1.2%, 19.4% e 2.6% dos pares de espécies para as áreas FOD2, FOD1, FOM e Transição, respectivamente. Valores mais elevados ( $> 0.38$ ) foram observados na área de transição (4.5%), na área de FOM (1.6%) e, também, nas áreas de FOD1 e FOD2, com 0.3% cada.

## DISCUSSÃO

A comunidade de anuros dos Mananciais da Serra está organizada de acordo com a formação vegetal, em que distinguem-se as comunidades de Floresta Ombrófila Mista, Transição e Floresta Ombrófila Densa Montana. Em uma escala menor, observa-se que as espécies diferenciam-se, também, de acordo com o ambiente, havendo partilha do nicho espacial dentro das áreas FOM, Transição e FOD2, com baixa sobreposição no uso conjunto do recurso espaço.



O maior número de espécies registradas em FODM (28 espécies, incluindo as áreas FOD1 e FOD2) constitui um padrão esperado, tendo em vista que esta formação situa-se em altitudes elevadas (acima de 1100 m), apresenta áreas florestais de longa extensão e com elevado grau de preservação (diversificado estrato vegetal) e, também, possui uma grande variedade de ambientes úmidos, possibilitando a ocupação e reprodução de uma gama de espécies, incluindo táxons endêmicos ou de ocorrência restrita como, por exemplo, *Ischnocnema* sp., *I. sambaqui* e *P. subguttata*. Em outras áreas de transição entre FOM e FOD, no primeiro planalto do estado do Paraná (e.g. Bernarde & Machado 2001, Conte & Machado 2005, Conte & Rossa-Feres 2006), o padrão é semelhante com a ocorrência de espécies típicas das duas formações.

Por sua vez, avaliando as médias por amostragem, em cada uma das áreas, a FOM teve maior riqueza e abundância de anuros, o que pode ser explicado pela diversidade de ambientes presentes nesta área, consistindo em fragmentos florestais e, ainda, ambientes em área aberta como poças, brejos e até mesmo as pastagens, que possibilitam a ocorrência de um maior número de anuros terrestres (e.g. bufonídeos e leptodactylídeos), incluindo as espécies oportunistas que habitam áreas antropizadas e contribuem, assim, para uma maior riqueza e, principalmente, número de indivíduos.

O padrão resultante da análise de agrupamento entre as áreas amostrais revelou que a composição de espécies varia de acordo com o tipo vegetal, exibindo um gradiente em escala local que diferencia as comunidades de anuros da área de FOM, transição e FODM que agrupa as áreas de FOD1 e FOD2, constituindo um padrão esperado, já que tratam-se de áreas diferentes, mas com a mesma formação vegetacional. A variação na distribuição e abundância de espécies em um gradiente sugere a atuação de um filtro ambiental, induzindo a estruturação da comunidade (Straub *et al.* 2013). Sabe-se que em regiões tropicais os filtros locais e regionais atuam em conjunto na coexistência das espécies (Algar *et al.* 2011) e, assim, as formações vegetais podem ter sido responsáveis pela variação na composição das comunidades (beta diversidade), confirmando os estudos que indicam a heterogeneidade ambiental como fator determinante na distribuição das espécies de diversos táxons e em várias escalas (e.g. Cardoso *et al.* 1989, Williams *et al.* 2002, Parris 2004, Qian *et al.* 2005, Werner *et al.* 2007, Keller *et al.* 2009, von May *et al.* 2010).

Por sua vez, os resultados da análise de correspondência sem tendência indicam um gradiente de composição entre a FOM e a FOD2, com as áreas de transição e FOD1 com posição intermediária. As áreas de FOM e FOD1 compartilham algumas espécies em virtude da presença de um ambiente alterado em meio ao contínuo da FODM e que abriga espécies também ocorrentes nas represas e pastagens da FOM. Trata-se de um ambiente que passou por distúrbio (retirada de cascalho da encosta) e que levou à formação de uma poça em área aberta, constituindo um habitat peculiar em meio a FODM, no entanto, propício para o aparecimento e reprodução de espécies pioneiras, à partir do *pool* regional de espécies (Rosenzweig 1995, Lertzman & Fall 1998). Entre as espécies mais adaptadas a esta nova condição e que são compartilhadas por estas duas áreas, pode-se citar: *H. faber*, *P. aff. gracilis* e *L. latrans*, que constituem espécies que podem ocorrer em ambientes mais alterados (Toledo *et al.* 2003). Já, o segundo eixo do DCA reuniu FOD1 e FOD2, separando-as da área de transição e FOM, sendo semelhante ao resultado da análise de agrupamento e revelando um padrão esperado, já que as duas áreas abrangem uma mesma formação que é a Floresta Ombrófila Densa Montana.

Algumas destas espécies que mais contribuíram para a ordenação das comunidades na análise de DCA também foram associadas a estas áreas, de acordo com a análise de valor indicador. São elas: *A. perviridis*, *D. microps*, *D. sanborni*, *H. albopunctatus* e *S. squalirostris* associadas com FOM, constituindo anuros com sua ocorrência já descrita para a Floresta com Araucária (Kwet *et al.* 2010). Da mesma forma, *H. semiguttatus* que é associada da área de Transição, caracterizando a região de ecótono entre as duas formações. Além destas espécies, o anuro *A. ehrhardti*, associado neste estudo a FOD2 também constitui uma espécie com ocorrência conhecida para os estados de Santa Catarina, Paraná e São Paulo, em áreas de transição entre FOM e FOD ou somente em áreas de FOD (Conte *et al.* 2005).

Com o ajuste dos modelos de distribuição da abundância das espécies, vemos que o modelo de Série Geométrica hipotetiza que nas comunidades de Transição, FOD1 e FOD2, as espécies possuem disponível uma proporção constante do recurso a ser usado (espaço), indicando uma dominância competitiva entre as espécies, que se reflete no decréscimo linear da abundância destas (Motomura 1947). Este padrão indica uma comunidade estruturada pela partilha de nicho espacial, possibilitando a coexistência

entre as espécies. A área de FOM foi a única em que o modelo de melhor ajuste foi o Log-normal, indicando que a comunidade de anuros da FOM é regida por uma divisão aleatória e sequencial do espaço entre os nichos e constitui uma composição de espécies em equilíbrio e com uma baixa proporção de espécies raras (Sugihara 1980).

A variação na composição das comunidades foi explicada pelo componente espacial, tanto para as áreas amostradas (FOM, Transição, FOD1 e FOD2), quanto em menor escala, analisando os ambientes dentro destas formações vegetais. A análise de DCA entre ambientes de uma determinada área e o agrupamento das espécies nestes habitats podem indicar que uma paisagem heterogênea influencia na diferenciação da composição de espécies, através de uma estruturação ambiental local mais complexa (Cardoso *et al.* 1989, Gotelli *et al.* 2009, Griffin *et al.* 2009, Laanisto *et al.* 2013).

Os ambientes com maior riqueza e abundância de anuros foram floresta, brejo e poça, dentro da maioria das áreas, indicam que ambientes mais semelhantes tendem a apresentar comunidades com composição similares em virtude da biologia das espécies colonizadoras destes ambientes (Gotelli *et al.* 2009, Laanisto *et al.* 2013). O ambiente de riacho, com maior importância (riqueza e abundância) nas áreas de Transição e FOD 1 e 2 confirma que em florestas úmidas de grandes altitudes os rios e riachos são mais utilizados pelos anuros para a reprodução, em relação aos ambientes de água parada, possivelmente por sua grande disponibilidade, em virtude do tipo de terreno (Gascon 1991, Parris & MacCarthy 1999, Straub *et al.* 2013).

Através da análise do valor indicador, pôde-se observar que as espécies associadas a somente um ambiente foram similares nas diferentes áreas, especialmente no ambiente florestal, sendo que o anuro *I. henselli* é indicador deste grupo nas quatro áreas e *R. abei* associa-se a três ambientes florestais, especificamente nas áreas de FOM, Transição e FOD1. A ocorrência destas espécies é amplamente conhecida no ambiente florestal, constituindo espécies endêmicas da Floresta Atlântica que distribuem-se pelo sul do Brasil (Conte *et al.* 2010, Haddad *et al.* 2013). Nas três áreas que tiveram riachos inventariados (Transição, FOD1 e FOD2), a espécie *H. heyeri* foi associada ao ambiente, apresentando especificidade total a este grupo nas áreas, correspondendo com a ocorrência da espécie, sempre associada a pequenos rios florestados na Mata Atlântica, entre os estados de São Paulo e Paraná (Lingnau & Bastos 2007, Haddad *et al.* 2013).

Por sua vez, a análise de sobreposição de nicho quanto ao uso dos ambientes mostrou que os anuros dos Mananciais da Serra não estão aleatoriamente distribuídos entre os ambientes. Assim, o habitat constitui um fator estruturador nas comunidades de FOM, Transição e FOD2, pela ocorrência de partilha de nicho espacial entre os anuros. Essa ocupação não aleatória dos ambientes em cada formação vegetal pode ser, tanto produto da colonização dos diferentes ambientes, de necessidades específicas para a reprodução, de competição interespecífica ou, ainda, por especializações fisiológicas nas espécies. No entanto, se esta segregação observada é o fator que determina a estruturação espacial da comunidade, então pode-se afirmar que este processo local está determinando o padrão de distribuição de espécies em uma escala maior (Morris 2003), influenciando, assim, a ocorrência dos anuros entre os diferentes ambientes dos Mananciais da Serra.

Através da frequência relativa do índice de sobreposição de nicho entre as espécies, observou-se que a sobreposição no uso do recurso é baixa. No entanto não há possibilidade de fazer maiores inferências sobre esta estruturação da comunidade, tendo em vista que não se tem conhecimento da disponibilidade do recurso espaço (Straub *et al.* 2013). Os mecanismos de partilha de recursos entre anuros, através de variações espaciais, por exemplo, é um tema amplamente discutido na literatura e em diversas escalas, seja através do uso de diferentes ambientes ou da utilização de sítios de canto ou, até mesmo, de oviposição (e.g. Eterovick & Barros 2003, Vasconcelos & Rossa-Feres 2005, Straub *et al.* 2013). Embora o uso de modelos nulos indique que existe uma divisão espacial nas comunidades estudadas, é impossível determinar o mecanismo que gera estes padrões.

Assim, pode-se dizer que a localidade dos Mananciais da Serra, por se tratar de uma área de ecótono entre duas importantes formações florestais da Mata Atlântica, apresenta-se como um mosaico dinâmico de ambientes e proporciona recursos espaciais disponíveis para espécies com diferentes exigências de habitats, compondo uma expressiva riqueza de anuros. A variação na composição da comunidade foi explicada pelo fator espacial, seja pelo gradiente das comunidades de acordo com os tipos vegetais ou, ainda, em menor escala, com a estruturação entre os ambientes utilizados, através da partilha de nicho espacial, observada com a baixa sobreposição no uso do recurso entre as espécies.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALGAR, A. C., KERR, J. T. & CURRIE, D. J. 2011. Quantifying the importance of regional and local filters for community trait structure in tropical and temperate zones. *Ecology* 92:903–914.
- BASTAZINI, C. V., MUNDURUCA, J. F. V., ROCHA, P. L. B. & NAPOLI, M. F. 2007. Which environmental variables better explain changes in anuran community composition? A case study in the restinga of Mata de São João, Bahia, Brazil. *Herpetologica* 63:459-471.
- BERNARDE, P. S. & MACHADO, R. A. 2001. Riqueza de espécies, ambientes de reprodução e temporada de vocalização da anurofauna em Três Barras do Paraná, Brasil (Amphibia: Anura). *Cuadernos de Herpetología* 14:93-194.
- BERTOLUCI, J. & RODRIGUES, J. T. 2002. Seasonal patterns of breeding activity of Atlantic Rainforest anurans at Boracéia, Southeastern Brazil. *Amphibia-Reptilia* 23:161-167.
- CARDOSO, A. J., ANDRADE, G. V. & HADDAD, C. F. B. 1989. Distribuição espacial em comunidades de anfíbios (Anura) no sudeste do Brasil. *Revista Brasileira de Biologia* 49:241-249.
- CAVIGLIONE, J. H., KIIHL, L. R. B., CARAMORI, P. H. & OLIVEIRA, D. 2000. *Cartas climáticas do Paraná*. IAPAR, Londrina.
- CHESSON, P. 2000. Mechanisms of maintenance of species diversity. *Annual Review of Ecology and Systematics* 31:343-358.
- CONTE, C. E., LINGNAU, R. & KWET, A. 2005. Description of the advertisement call of *Hyla ehrhardti* Müller, 1924 and new distribution records (Anura: Hylidae). *Salamandra* 41:3147–151.
- CONTE, C. E. & MACHADO, R. A. 2005. Riqueza de espécies e distribuição espacial e temporal em comunidade de anuros (Amphibia, Anura) em uma localidade de Tijucas do Sul, Paraná, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia* 22:940-948.
- CONTE, C. E., NOMURA, F., MACHADO, R. A., KWET, A., LINGNAU, R. & ROSSA-FERES, D. C. 2010. Novos registros na distribuição geográfica de anuros

- na Floresta com Araucária e considerações sobre suas vocalizações. *Biota Neotropica* 10:201-224.
- CONTE, C. E. & ROSSA-FERES, D. de C. 2006. Diversidade e ocorrência temporal da anurofauna (Amphibia, Anura) em São José dos Pinhais, Paraná, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia* 23:162-175.
- CRUMP, M. L. & SCOTT-JUNIOR, N. J. 1994. Standard techniques for inventory and monitoring: Visual encounter surveys. Pp 84-92 in: Heyer, W. R., Donnely, M. A., McDiarmid, R. W., Hayek, L. C. & Foster, M. S (eds.). *Measuring and Monitoring Biological Diversity: Standard Methods for Amphibians*. Smithsonian Institution Press, Washington, DC.
- DE CÁCERES, M. & LEGENDRE, P. 2009. Associations between species and groups of sites: indices and statistical inference. *Ecology* 90:3566-3574.
- DE CÁCERES, M., LEGENDRE, P. & MORETTI, M. 2010. Improving indicator species analysis by combining groups of sites. *Oikos* 119:1674-1684.
- ERNST, R. & RÖDEL, M. O. 2005. Anthropogenically induced changes of predictability in tropical anuran assemblages. *Ecology* 86:3111-3118.
- ERNST, R. & RÖDEL, M. O. 2006. Community assembly and structure of tropical leaf-litter anurans. *Ecotropica* 12:113-129.
- ERNST, R. & RÖDEL, M. O. 2008. Patterns of community composition in two tropical tree frog assemblages: separating spatial structure and environmental effects in disturbed and undisturbed forests. *Journal of Tropical Ecology* 24:111-120.
- ETEROVICK, P. C. & BARROS, I. S. 2003. Niche occupancy in south-eastern Brazilian tadpole communities in montane-meadow streams. *Journal of Tropical Ecology* 19:439-448.
- FEISINGER, P., SPEARS, E. E. & POOLE, R. W. 1981. A simple measure of niche breadth. *Ecology* 62:27-32.
- FRONTIER, S. 1985. Diversity and structure in aquatic ecosystems. *Oceanography and Marine Biology: An Annual Review* 23:253-312.
- FROST, D. R. 2014. Amphibian Species of the World: an Online Reference. Version 6.0. Accessible at <http://research.amnh.org/vz/herpetology/amphibia/> American Museum of Natural History, New York, USA. Last accessed on 03 March 2015.

- GASCON, C. 1991. Population and community-level analyses of species occurrences of central Amazonian rain forest tadpoles. *Ecology* 72:1731-1746.
- GILBERT, B., SRIVASTAVA, D. S. & KIRBY, K. R. 2008. Niche partitioning at multiple scales facilitates coexistence among mosquito larvae. *Oikos* 117:944-950.
- GOTELLI, N. J., ANDERSON, M. J., ARITA, H. T., CHAO, A., COLWELL, R. K., CONNOLLY, S. R., CURRIE, D. J., DUNN, R. R., GRAVES, G. R., GREEN, J. L., GRYTNES, J. A., JIANG, Y. H., JETZ, W., KATHLEEN LYONS, S., McCAIN, C. M., MAGURRAN, A. E., RAHBK, C., RANGEL, T. F., SOBERÓN, J., WEBB, C. O. & WILLIG, M. R. 2009. Patterns and causes of species richness: a general simulation model for macroecology. *Ecology Letters* 12:873-86.
- GOTELLI, N. J. & ENTSMINGER, G. L. 2012. EcoSim: Null Models Software for Ecology. Version 7.72, Inc. <http://www.uvm.edu/~ngotelli/EcoSim/EcoSim.html>
- GOTELLI, N. J. & McCABE, D. 2002. Species co-occurrence: a meta-analysis of J. M. Diamond's assembly rules model. *Ecology* 83:2091-2096.
- GRIFIN, J. N., JENKINS, S. R., GAMFELDT, L. J., DOUGLAS, H., THOMPSON, S. J. & RICHARD, C. 2009. Spatial heterogeneity increases the importance of species richness for anecosystem process. *Oikos* 118:1335-1342.
- HADDAD, C. F. B., TOLEDO, L. F., PRADO, C. P. A., LOEBMANN, D., GASPARINI, J. L. & SAZIMA, I. 2013. *Guia dos Anfíbios da Mata Atlântica: diversidade e biologia. Guide to the Amphibians of the Atlantic Forest: diversity and biology*. Anolisbooks, São Paulo. 544 pp.
- HARRISON, S. & CORNELL, H. 2008. Toward a better understanding of the regional causes of local community richness. *Ecology letters* 11:969-979.
- HAYEK, L. A. C. 1994. Research design for quantitative amphibian studies. Pp. 21-39 in: Heyer, W. R., Donnely, M. A., McDiarmid, R. W., Hayek, L. C. & Foster, M. S (eds.). *Measuring and Monitoring Biological Diversity: Standard Methods for Amphibians*. Smithsonian Institution Press, Washington, DC.

- HECNAR, S. J., G. CASPER, S. R., RUSSELL, W. D., HECNAR, R. & ROBINSON, J. N. 2002. Nested species assemblages of amphibians and reptiles in the Laurentian Great Lakes. *Journal of Biogeography* 29:475-489.
- HIERT, C., ROPER, J. J. & MOURA, M. O. 2012. Constant breeding and low survival rates in the subtropical Striped Frog in southern Brazil. *Journal of Zoology* 288:151-158
- INGER, R. F. & COLWELL, R. K. 1977. Organization of contiguous communities of amphibians and reptiles in Thailand. *Ecological Monographs* 47:229-253.
- JOHNSON, J. B. & OMLAND, K. S. 2004. Model selection in ecology and evolution. *Trends in Ecology & Evolution* 19:101-108.
- KELLER, A., RÖDEL, M. O., LINSSENMAIR, K. E. & GRAFE, T. U. 2009. The importance of environmental heterogeneity for species diversity and assemblage structure in Bornean stream frogs. *Journal of Animal Ecology* 78:305-314.
- KOPP, K. & ETEROVICK, P. C. 2006. Factors influencing spatial and temporal structure of frog assemblages at ponds in southeastern Brazil. *Journal of Natural History* 40:1813-1830.
- KREBS, C. J. 1999. *Ecological methodology*. 2nd ed. Harper and Row, New York. 620 pp.
- KWET, A., LINGNAU, R. & DI-BERNARDO, M. 2010. *Pró-Mata: Anfíbios da Serra Gaúcha, sul do Brasil—Amphibien der Serra Gaúcha, Südbrasilien—Amphibians of the Serra Gaúcha, South of Brazil*. Brasilien-Zentrum, University of Tübingen, Germany. 148 pp.
- LAANISTO, L., TAMME, R., HIIESALU, I., SZAVA-KOVATS, R., GAZOL, A. & PARTEL, M. 2013. Microfragmentation concept explains non-positive environmental heterogeneity–diversity relationships. *Oecologia* 171:217-226.
- LEGENDRE, P. & GALLAGHER, E. 2001. Ecologically meaningful transformations for ordination of species data. *Oecologia* 129:271-280.
- LEGENDRE, P. & LEGENDRE, L. 1998. *Numerical Ecology*. Elsevier Science BV, Amsterdam. 53 pp.
- LERTZMAN, K. & FALL, J. 1998. From forest stands to landscape: spatial scales and the roles of disturbances, Pp. 339-367 in Peterson, D. L. & Parker, V. T. (eds.).



- Ecological scale: theory and applications*. Columbia University Press, New York. 615 pp.
- LINGNAU, R. & BASTOS, R. P. 2007. Vocalizations of the Brazilian torrent frog *Hylodes heyeri* (Anura: Hylodidae): repertoire and influence of air temperature on advertisement call variation. *Journal of Natural History* 41:1227-1235.
- MAACK, R. 1981. *Geografia física do estado do Paraná*. José Olympio Editora, Rio de Janeiro. 450pp.
- MACARTHUR, R. H. 1957. On the relative abundance of bird species. *Proceeding of the National Academy of Sciences of the USA* 43:293-295.
- MAGURRAN, A. E. 2011. *Medindo a Diversidade Biológica*. Editora da UFPR, Curitiba. 261 pp.
- MCCUNE, B. & GRACE, J. B. 2002. *Analysis of ecological communities*. Glaneden Beach, Oregon. 304 pp.
- McGILL, B. J., ETIENNE, R. S., GRAY, J. S., ALONSO, D., ANDERSON, M. J. & BENECHA, H. K. 2007. Species abundance distributions: moving beyond single prediction theories to integration within an ecological framework. *Ecology Letters* 10:995–1015.
- MENIN, M., ROSSA-FERES, D. de C. & GIARETTA, A. A. 2005. Resource use and coexistence of two syntopic hylid frogs (Anura, Hylidae). *Revista Brasileira de Zoologia* 22:61-72.
- MORIN, P. J. 1983. Predation, competition, and the composition of larval anuran guilds. *Ecological Monographs* 53:119–138.
- MORRIS, D. W. 2003. Toward an ecological synthesis: a case for habitat selection. *Oecologia* 136:1-13.
- MOTOMURA, I. 1947. Further notes on the law of geometrical progression of the population density in animal association. *Physiological Ecology* 1:55-60.
- OKSANEN, J., BLANCHET, F. G., KINDT, R., LEGENDRE, P., MINCHIN, P. R., O'HARA, R. B., SIMPSON, G. L., SOLYMOS, P., STEVENS, M. H. H. & WAGNER, H. 2013. *Vegan: Community Ecology Package*. R package version 2.0-7. Disponível em: <http://cran.r-project.org/package=vegan>.

- OLIVEIRA, F. F. R. de & ETEROVICK, P. C. 2010. Patterns of spatial distribution and microhabitat use by syntopic anuran species along permanent lotic ecosystems in the Cerrado of Southeastern Brazil. *Herpetologica* 66:159-171.
- PARRIS, K. M. 2004. Environmental and spatial variables influence the composition of frog assemblages in subtropical eastern Australia. *Ecography* 27:392-400.
- PARRIS, K. M. & MCCARTHY, M. A. 1999. What influences the structure of frog assemblages at forest streams? *Austral Ecology* 24:495-502.
- PIANKA, E. R. 1994. *Evolutionary ecology*. 5th ed. Harper Collins College Publishers, New York. 486 pp.
- POMBAL JR, J. P. 1997. Distribuição espacial e temporal de anuros (Amphibia) em uma poça permanente na Serra de Paranapiacaba, Sudeste do Brasil. *Revista Brasileira de Biologia* 57:583-594.
- PRESTON, F. W. 1948. The commonness, and rarity, of species. *Ecology* 29:254-283.
- PYRON, R. A. & WIENS, J. J. 2013. Large-scale phylogenetic analyses reveal the causes of high tropical amphibian diversity. *Proceedings of the Royal Society of London* 280:1622.
- QIAN, H., RICKLEFS, R. E. & WHITE, P. S. 2005. Beta diversity of angiosperms in temperate floras of eastern Asia and eastern North America. *Ecology Letters* 8:15-22.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM. 2012. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org/>.
- REGINATO, M. & GOLDENBERG, R. 2007. Análise florística, estrutural e fitogeográfica da vegetação em região de transição entre as Florestas Ombrófilas Mista e Densa Montana, Piraquara, Paraná, Brasil. *Hoehnea* 34:349-364.
- RESETARITS, W. J. 2005. Habitat selection behaviour links local and regional scales in aquatic systems. *Ecology Letters* 8:480-486.
- RICKLEFS, R. E. & SCHLUTER, D. 1993. *Species diversity in ecological communities*. University of Chicago Press, Chicago. 414 pp.
- ROSENZWEIG, M. L. 1995. *Species diversity in space and time*. Cambridge University Press, Cambridge. 436 pp.

- SCHOENER, T. W. 1974. Resource partitioning in ecological communities. *Science* 185:27–39.
- SCOTT JR, N. J. & WOODWARD, B. D. 1994. Standard techniques for inventory and monitoring: Surveys at breeding sites. Pp. 118-125 in: Heyer, W. R., Donnelly, M. A., McDiarmid, R. W., Hayek, L. C. & Foster, M. S (eds.). *Measuring and Monitoring Biological Diversity: Standard Methods for Amphibians*. Smithsonian Institution Press, Washington, DC.
- SMITH, M. A. & GREEN, D. M. 2005. Dispersal and the metapopulation paradigm in amphibian ecology and conservation: are all amphibian populations metapopulations? *Ecography* 28:110-128.
- STRAUB, A., RANDRIANAINA, R. D., VENCES, M. & GLOS, J. 2013. Species distribution and assembly patterns of frog larvae in rain forest streams of Madagascar. *Hydrobiologia* 702:27-43.
- STRUMINSKI, E. 2001. *Parque Estadual Pico do Marumbi*. Editora da Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 185 pp.
- SUGIHARA, G. 1980. Minimal community structure: an explanation of species abundance patterns. *American Naturalist* 116:770-787.
- TOLEDO, L. F., ZINA, J. & HADAD, C. F. B. 2003. Distribuição Espacial e Temporal de uma Comunidade de anfíbios Anuros do município de Rio Claro, São Paulo, Brasil. *Holos Environment* 3:136-149.
- VAN BUSKIRK, J. 2005. Local and landscape influence on amphibian occurrence and abundance. *Ecology* 86:1936-1947.
- VASCONCELOS, T. da S. & ROSSA-FERES, D. de C. 2005. Diversidade, distribuição espacial e temporal de anfíbios anuros (Amphibia, Anura) na região noroeste do estado de São Paulo, Brasil. *Biota Neotropica* 5(2) <http://www.biotaneotropica.org.br/v5n2/pt/abstract?article+BN01705022005>
- VASCONCELOS, T. S., SANTOS, T. G., ROSSA-FERES, D. de C. & HADDAD, C. F. B. 2009. Influence of the environmental heterogeneity of breeding ponds on anuran assemblages from southeastern Brazil. *Canadian Journal of Zoology* 87:699-707.

- VON MAY, R., JACOBS, J. M., SANTA-CRUZ, R., VALDIVIA, J., HUAMÁN, J. M. & DONNELLY, M. A. 2010. Amphibian community structure as a function of forest type in Amazonian Peru. *Journal of Tropical Ecology* 26:509-519.
- WELLBORN, G. A., SKELLY, D. K. & WERNER, E. E. 1996. Mechanisms creating community structure across a freshwater habitat gradient. *Annual Review of Ecology and Systematics* 27:337-363.
- WELLS, K. D. 2007. *The ecology and behavior of amphibians*. Chicago, The University of Chicago Press. 1148 pp.
- WERNER, E. E., SKELLY, D. K., RELYEA, R. A. & YUREWICZ, K. L. 2007. Amphibian species richness across environmental gradients. *Oikos* 116:1697-1712.
- WHITTAKER, R. H. 1972. Evolution and measurement of species diversity. *Taxon* 21:213-251.
- WILLIAMS, S. E., MARSH, H. & WINTER, J. 2002. Spatial scale, species diversity, and habitat structure: Small mammals in Australian Tropical Rain Forest. *Ecology* 83:1317-1329.
- WILSON, J. B. 1991. Methods for fitting dominance/diversity curves. *Journal of Vegetation Science* 2:35-46.
- WINEMILLER, K. O. & PIANKA, E. R. 1990. Organization in natural assemblages of desert lizards and tropical fishes. *Ecological Monographs* 60:27-56.
- ZAR, J. H. 1984. *Biostatistical Analysis*. 2nd ed. Prentice Hall International, New Jersey. 718 pp.

**Tabela 1.** Áreas de amostragem na localidade dos Mananciais da Serra, Piraquara, Paraná, altitude média e ambientes amostrados, com descrição de vegetação, fluxo de água, porção amostrada e método utilizado. Vegetação: herbácea (He), arbustiva (Ar), arbórea (Ab), bromélias (Br) e taboa (Ta). Método: amostragem em sítio de reprodução (1), transecção (2) e busca ativa (3).

Área	Altitude Média	Ambiente	Vegetação	Fluxo de água	Porção amostrada	Método
<b>FOM</b>	890 m	<b>Floresta</b>	He, Ar, Ab, Br	-	80 m	2, 3
		<b>Brejo</b>	He, Ar, Br, Ta	Parado	30 X 12 m	1, 3
		<b>Pastagem</b>	He	-	65 X 15 m	3
		<b>Poça</b>	He, Ar, Ta	Contínuo	65 X 3 m	1, 3
<b>Transição</b>	970 m	<b>Floresta</b>	He, Ar, Ab, Br	-	80 m	2, 3
		<b>Brejo</b>	He, Ar, Ab, Br	Parado	12 X 2 m	1, 3
		<b>Riacho</b>	He, Ar, Ab, Br	Contínuo	30 X 4 m	1, 3
		<b>Poça</b>	He, Ar, Ab, Br	Contínuo	10 X 6 m	1, 3
<b>FOD1</b>	1100 m	<b>Floresta</b>	He, Ar, Ab, Br	-	80 m	2, 3
		<b>Brejo</b>	He, Ar, Ab, Br	Parado	8 X 3 m	1, 3
		<b>Riacho</b>	He, Ar, Ab, Br	Contínuo	30 X 4 m	1, 3
		<b>Poça</b>	He, Ar	Parado	6 X 4 m	1, 3
<b>FOD2</b>	1210 m	<b>Floresta</b>	He, Ar, Ab, Br	-	80 m	2, 3
		<b>Brejo</b>	He, Ar, Ab, Br	Parado	6 X 3 m	1, 3
		<b>Riacho</b>	He, Ar, Ab, Br	Contínuo	20 X 4 m	1, 3
		<b>Poça</b>	He, Ar, Ab, Br	Contínuo	8 X 6 m	1, 3

**Tabela 2.** Anuros registrados na localidade dos Mananciais da Serra, Piraquara, Paraná, com área e ambiente de registro. Sendo: Floresta Ombrófila Mista (FOM), Floresta Ombrófila Densa (FOD) e transição entre estas duas formações florestais. Dentre os ambientes, foram utilizados: floresta (Flo), brejo (Bre), riacho (Ria), poça (Poç) e pastagem (Pas).

Família/Espécie	Área				Ambiente
	FOM	Transição	FOD1	FOD2	
<b>Família Brachycephalidae</b>					
<i>Ischnocnema</i> sp.			X		Flo
<i>I. henselii</i> (Peters 1870)	X	X	X	X	Flo, Ria, Poç
<i>I. sambaqui</i> (Castanho & Haddad 2000)		X		X	Flo, Poç
<b>Família Bufonidae</b>					
<i>Rhinella abei</i> (Baldiessa-Jr, Caramaschi & Haddad 2004)	X	X	X	X	Flo, Ria, Poç,
<i>R. icterica</i> (Spix 1824)	X	X		X	Flo, Bre, Ria, Poç, Pas
<b>Família Centrolenidae</b>					
<i>Vitreorana uranoscopa</i> (Müller 1924)			X		Ria
<b>Família Craugastoridae</b>					
<i>Haddadus binotatus</i> (Spix 1824)	X				Flo
<b>Família Hylidae</b>					
<i>Aplastodiscus albosignatus</i> (A. Lutz & B. Lutz 1938)	X	X	X	X	Flo, Bre, Ria
<i>A. ehrhardti</i> (Müller 1924)			X	X	Flo
<i>A. perviridis</i> Lutz 1950	X				Flo, Bre
<i>Bokermannohyla circumdata</i> (Cope 1871)		X	X	X	Flo, Ria, Poç
<i>Dendropsophus microps</i> (Peter 1872)	X				Bre, Poç
<i>D. minutus</i> (Peters 1872)	X	X	X	X	Flo, Bre, Pas
<i>D. sanborni</i> (Schmidt 1944)	X				Bre, Poç
<i>Hypsiboas albopunctatus</i> (Spix 1824)	X				Flo, Bre
<i>H. bischoffi</i> (Boulenger 1887)	X	X	X	X	Flo, Bre, Ria
<i>H. faber</i> (Wied-Neuwied 1821)	X		X		Bre, Poç
<i>H. prasinus</i> (Burmeister 1856)	X	X			Flo, Bre, Ria
<i>H. semiguttatus</i> (A. Lutz 1925)		X			Flo, Ria
<i>Phyllomedusa distincta</i> (A. Lutz in B. Lutz 1950)	X		X	X	Flo, Poç
<i>Scinax</i> sp.				X	Flo
<i>S. gr. catharinae</i> (Boulenger 1888)		X			Poç
<i>S. fuscovarius</i> (A. Lutz 1925)	X		X		Flo, Bre, Poç, Pas

<i>S. perereca</i> Pombal, Haddad & Kasahara 1995)	X	X	X	X	Flo, Bre, Ria
<i>S. aff. rizibilis</i> (Bokermann 1964)		X	X	X	Flo, Ria
<i>S. squalirostris</i> (A. Lutz 1925)	X				Bre, Poç
<i>Sphaenorhynchus surdus</i> (Cochran 1953)	X		X		Bre, Poç
<b>Família Hylodidae</b>					
<i>Crossodactylus</i> sp.				X	Ria
<i>Hylodes heyeri</i> Haddad, Pombal & Bastos 1996		X	X	X	Ria
<b>Família Leptodactylidae</b>					
<i>Adenomera</i> gr. <i>marmorata</i> (Steindachner 1867)		X	X	X	Flo, Ria
<i>Leptodactylus latrans</i> (Steffen 1815)	X	X	X		Flo, Bre, Poç, Pas
<i>L. notoaktites</i> Heyer 1978			X	X	Flo, Bre, Poç
<i>Paratelmatobius</i> sp.		X		X	Flo
<i>Physalaemus cuvieri</i> Fitzinger 1826	X				Flo, Bre, Poç, Pas
<i>P. aff. gracilis</i> (Boulenger 1883)	X		X	X	Flo, Bre, Poç
<i>Scythrophys sawayae</i> (Cochran 1953)		X	X	X	Flo, Bre
<b>Família Microhylidae</b>					
<i>Elachistocleis bicolor</i>	X		X		Bre, Poç, Pas
<b>Família Odontophrynidae</b>					
<i>Odontophrynus americanus</i> (Duméril & Bibron 1841)	X				Flo, Poç, Pas
<i>Proceratophrys boiei</i> (Wied-Neuwied 1825)	X	X	X	X	Flo, Bre, Ria
<i>P. subguttata</i> Izecksohn, Cruz & Peixoto 1999		X			Flo
<b>Total</b>	<b>24</b>	<b>20</b>	<b>23</b>	<b>21</b>	

**Tabela 3.** Espécies de anura associadas a cada área (formação vegetal) e grupos de formações vegetais nos Mananciais da Serra, Piraquara, Paraná. A fração A indica o grau de especificidade ao sítio de amostragem e a fração B é a frequência relativa de ocorrência da espécie. As probabilidades foram geradas por meio de aleatorização (999 vezes). As áreas correspondem a Floresta Ombrófila Mista (FOM), Floresta Ombrófila Densa (FOD1 e FOD2) e área de Transição.

Espécie	Formação Vegetal	A	B	P
<i>Physalaemus cuvieri</i>	FOM	1.0000	1.0000	0.001
<i>Scinax fuscovarius</i>	FOM	0.9145	1.0000	0.001
<i>Aplastodiscus perviridis</i>	FOM	1.0000	0.8889	0.001
<i>Dendropsophus microps</i>	FOM	1.0000	0.7778	0.001
<i>Hypsiboas albopunctatus</i>	FOM	1.0000	0.7778	0.001
<i>D. sanborni</i>	FOM	1.0000	0.7222	0.001
<i>Odontophrynus americanus</i>	FOM	1.0000	0.6111	0.001
<i>Elachistocleis bicolor</i>	FOM	0.8836	0.5556	0.001
<i>S. squalirostris</i>	FOM	1.0000	0.3889	0.001
<i>H. semiguttatus</i>	Transição	1.0000	0.5556	0.001
<i>Aplastodiscus ehrhardti</i>	FOD2	0.7984	0.2222	0.023
<i>Rhinella icterica</i>	FOM + Transição	0.9701	0.6667	0.001
<i>H. prasinus</i>	FOM + Transição	1.0000	0.5833	0.001
<i>P. aff. gracilis</i>	FOM + FOD1	0.8558	0.8611	0.001
<i>Sphaenorhynchus surdus</i>	FOM + FOD1	1.0000	0.3333	0.001
<i>H. faber</i>	FOM + FOD1	1.0000	0.2500	0.009
<i>Phyllomedusa distincta</i>	FOD1 + FOD2	1.0000	0.5556	0.002
<i>Leptodactylus notoaktites</i>	FOD1 + FOD2	1.0000	0.2778	0.010
<i>S.aff. rizibilis</i>	FOD1 + FOD2	0.9340	0.2778	0.012
<i>Leptodactylus latrans</i>	FOM + Transição + FOD1	1.0000	0.5370	0.001
<i>Adenomera gr. marmorata</i>	FOD1 + FOD2 + Transição	1.0000	0.6111	0.001
<i>S. perereca</i>	FOD1 + FOD2 + Transição	0.9059	0.6481	0.013
<i>Hylodes heyeri</i>	FOD1 + FOD2 + Transição	1.0000	0.4074	0.006



**Tabela 4.** Modelos de distribuição de abundância de espécies para as áreas (FOM, Transição, FOD1 e FOD2) nos Mananciais da Serra, Piraquara, Paraná. A seleção do ajuste dos modelos é através do critério de Akaike (AIC), desvio e  $\Delta$ AIC, que é a diferença entre o valor de AIC entre o modelo atual e o modelo de melhor ajuste (modelo com menor valor de AIC). Os modelos de melhor ajuste estão em negrito.

Modelo	FOM		
	Desvio	AIC	$\Delta$ AIC
<b>Log-normal</b>	<b>77.71</b>	<b>211.80</b>	<b>0</b>
Série Geométrica	109.50	241.59	29.79
Nulo	114.11	244.20	32.4
Zipf	163.13	297.22	85.42
Zipf-Mandelbrot	167.34	299.86	88.06
Modelo	Transição		
	Desvio	AIC	$\Delta$ AIC
<b>Série Geométrica</b>	<b>57.94</b>	<b>153.44</b>	<b>0</b>
Zipf-Mandelbrot	57.78	157.28	3.84
Nulo	107.31	200.81	47.37
Log-normal	146.76	244.26	90.82
Zipf	279.45	376.95	223.51
Modelo	FOD1		
	Desvio	AIC	$\Delta$ AIC
<b>Série Geométrica</b>	<b>25.32</b>	<b>131.46</b>	<b>0</b>
Zipf-Mandelbrot	25.05	135.19	3.73
Nulo	34.71	138.86	7.4
Log-normal	60.21	168.35	36.89
Zipf	143.84	251.98	120.52
Modelo	FOD2		
	Desvio	AIC	$\Delta$ AIC
<b>Série Geométrica</b>	<b>11.75</b>	<b>104.04</b>	<b>0</b>
Nulo	23.14	113.44	9.4
Log-normal	29.86	124.15	20.11
Zipf	86.72	181.01	76.97
Zipf-Mandelbrot	94.27	197.36	93.32

**Tabela 5.** Espécies de anura associadas a cada ambiente e grupos de ambientes dentro de cada área de amostragem nos Mananciais da Serra, Piraquara, Paraná. A fração A indica o grau de especificidade ao ambiente e a fração B é a frequência relativa de ocorrência da espécie. As probabilidades foram geradas por meio de aleatorização (999 vezes). As áreas correspondem a Floresta Ombrófila Mista (FOM), área de Transição (Transição) e Floresta Ombrófila Densa (FOD1 e FOD2). Já os ambientes são brejo (Bre), floresta (Flo), Pastagem (Pas), Poça (Poç) e Riacho (Ria).

Área	Espécie	Ambiente	A	B	P
FOM	<i>Hypsiboas albopunctatus</i>	Bre	0.9390	0.7222	0.001
	<i>H. prasinus</i>	Bre	0.7269	0.6667	0.001
	<i>Scinax squalirostris</i>	Bre	0.8713	0.3889	0.001
	<i>Sphaenorhynchus surdus</i>	Bre	0.7859	0.3889	0.003
	<i>Ischnocnema henselii</i>	Flo	1.0000	1.0000	0.001
	<i>Rhinella abei</i>	Flo	1.0000	0.3333	0.003
	<i>Elachistocleis bicolor</i>	Pas	0.7708	0.5000	0.001
	<i>Dendropsophus microps</i>	Poç	0.8255	0.7778	0.001
	<i>D. sanborni</i>	Poç	0.8539	0.6667	0.001
	<i>H. faber</i>	Poç	0.8971	0.2222	0.006
	<i>Aplastodiscus perviridis</i>	Bre + Flo	1.0000	0.8889	0.001
	<i>H. bischoffi</i>	Bre + Flo	1.0000	0.7500	0.001
	<i>Proceratophrys boiei</i>	Bre + Flo	1.0000	0.6111	0.001
	<i>A. albosignatus</i>	Bre + Flo	1.0000	0.5833	0.001
	<i>S. perereca</i>	Bre + Flo	1.0000	0.3056	0.004
	<i>Physalaemus cuvieri</i>	Bre + Poç	0.8177	0.8889	0.001
	<i>P. aff. gracilis</i>	Bre + Poç	0.8986	0.6944	0.001
	<i>Leptodactylus latrans</i>	Bre + Poç	0.7955	0.4722	0.005
	<i>Odontophrynus americanus</i>	Flo + Pas	0.8945	0.4444	0.003
	<i>S. fuscovarius</i>	Pas + Poç	0.9415	0.7222	0.001
Transição	<i>D. minutus</i>	Bre + Pas + Poç	0.8941	0.7407	0.006
	<i>R. icterica</i>	Flo + Pas + Poç	0.9816	0.5000	0.001
	<i>I. henselii</i>	Flo	0.7814	0.9444	0.001
	<i>R. abei</i>	Flo	0.8456	0.7778	0.001
	<i>L. latrans</i>	Poç	0.8795	0.3889	0.002
	<i>Hylodes heyeri</i>	Ria	1.0000	0.5000	0.001
	<i>Adenomera gr. marmorata</i>	Flo + Ria	1.0000	0.6389	0.001
	<i>Proceratophrys boiei</i>	Flo + Ria	0.8280	0.5278	0.001
	<i>H. semiguttatus</i>	Flo + Ria	1.0000	0.4167	0.001
	<i>D. minutus</i>	Bre + Flo + Poç	1.0000	0.7593	0.001
	<i>H. bischoffi</i>	Bre + Flo + Ria	1.0000	0.8148	0.001
	<i>A. albosignatus</i>	Bre + Flo + Ria	1.0000	0.7037	0.001
	<i>S. perereca</i>	Bre + Flo + Ria	0.8564	0.7037	0.015
FOD1	<i>I. henselii</i>	Flo	1.0000	0.5556	0.001
	<i>P. distincta</i>	Flo	0.8067	0.5556	0.001
	<i>S. aff. rizibilis</i>	Flo	1.0000	0.2778	0.003
	<i>R. abei</i>	Flo	0.8569	0.2222	0.012
	<i>P. aff. gracilis</i>	Poç	1.0000	0.7778	0.001
	<i>D. minutus</i>	Poç	0.7690	0.8333	0.001
	<i>L. latrans</i>	Poç	0.8961	0.5556	0.001
	<i>H. faber</i>	Poç	1.0000	0.2778	0.004

FOD2	<i>Sphaenorhynchus surdus</i>	Poç	1.0000	0.2778	0.004
	<i>Hylodes heyeri</i>	Ria	1.0000	0.3333	0.001
	<i>Proceratophrys boiei</i>	Bre + Flo	0.9319	0.4167	0.001
	<i>L. notoaktites</i>	Bre + Poç	0.8655	0.2500	0.039
	<i>S. perereca</i>	Flo + Poç	0.7914	0.4722	0.003
	<i>Adenomera gr. marmorata</i>	Flo + Ria	1.0000	0.4444	0.001
	<i>H. bischoffi</i>	Bre + Flo + Poç	1.0000	0.5926	0.001
	<i>A. albosignatus</i>	Bre + Flo + Ria	1.0000	0.7407	0.001
	<i>P. aff. gracilis</i>	Bre	0.9211	0.3889	0.001
	<i>Proceratophrys boiei</i>	Flo	0.8086	0.7222	0.001
	<i>Adenomera gr. marmorata</i>	Flo	0.9442	0.5556	0.001
	<i>I. henselii</i>	Flo	0.7459	0.6667	0.001
	<i>P. distincta</i>	Flo	1.0000	0.3889	0.001
	<i>S. aff. rizibilis</i>	Flo	1.0000	0.2778	0.006
	<i>A. ehrhardti</i>	Flo	1.0000	0.2222	0.012
	<i>Hylodes heyeri</i>	Ria	1.0000	0.3889	0.001
	<i>H. bischoffi</i>	Bre + Flo	1.0000	0.7500	0.001
	<i>S. perereca</i>	Bre + Flo	1.0000	0.4167	0.001
	<i>D. minutus</i>	Bre + Poç	0.9175	0.4167	0.03
	<i>A. albosignatus</i>	Bre + Ria	0.9055	0.6667	0.001
	<i>R. abei</i>	Flo + Poç	1.0000	0.2500	0.011

**Tabela 6.** Análise de sobreposição de nicho para a comunidade de anuros dos Mananciais da Serra, Piraquara, Paraná, para as áreas de Floresta Ombrófila Mista (FOM), Floresta Ombrófila Densa (FOD1 e FOD2) e área de transição entre as duas formações. Para esta análise foram utilizados o índice de sobreposição de Czekanowski e algoritmo de aleatorização fixo-equiprovável, com 1000 simulações de Monte Carlo. Valores em negrito indicam um maior uso do recurso do que se espera ao acaso.

Área	Algoritmo	Índice observado	Índice simulado	Variância dos índices simulados	$P_{obs<esp}$	$P_{obs>esp}$
FOM	Fixo-Equiprovável	0.38030	0.33937	0.00024	0.98100	<b>0.01900</b>
Transição	Fixo-Equiprovável	0.44595	0.34554	0.00031	0.99900	<b>0.00100</b>
FOD1	Fixo-Equiprovável	0.31246	0.28106	0.00051	0.90800	0.09200
FOD2	Fixo-Equiprovável	0.37270	0.27996	0.00050	0.99700	<b>0.00300</b>

## Legendas das Figuras

**Figura 1.** Localização das áreas de amostragem de Floresta Ombrófila Mista (FOM), Transição e Floresta Ombrófila Densa (FOD1 e FOD2) representadas pelas áreas destacadas no mapa, na região dos Mananciais da Serra, município de Piraquara, Paraná. Destaca-se ainda as estradas de acesso (vermelho), represa do Cayuguava (azul) e as trilhas da Caixa do Salto e Ipiranga (linha tracejada).

**Figura 2.** Riqueza (a) e abundância (b) de anuros (média  $\pm$  desvio padrão) entre as áreas, na região dos Mananciais da Serra, município de Piraquara, Paraná. Onde letras diferentes (A, B) indicam diferenças estatísticas, de acordo com a comparação de médias do teste Tukey, *a posteriori*.

**Figura 3.** Análise de agrupamento elaborada a partir da distância de Bray-Curtis, demonstrando a variação de abundância das espécies de anuros nas áreas dos Mananciais da Serra, município de Piraquara, Paraná. Sendo: área de Floresta Ombrófila Mista (FOM), área de Transição e áreas de Floresta Ombrófila Densa Montana (FOD1 e FOD2). O eixo representa os valores de dissimilaridade de Bray-Curtis.

**Figura 4.** Análise de correspondência sem tendência (DCA), com a distância de Bray-Curtis, demonstrando nos eixos DCA1 e DCA2 o padrão de distribuição da abundância das espécies de anuros entre as áreas (em vermelho) dos Mananciais da Serra, município de Piraquara, Paraná. Sendo: área de Floresta Ombrófila Mista (FOM), área de Transição e áreas de Floresta Ombrófila Densa Montana (FOD1 e FOD2).

**Figura 5.** Diagrama de Venn da análise do valor indicador mostrando as espécies de anura associadas a cada área ou formação vegetal (círculos) e grupos de formações vegetais nos Mananciais da Serra, município de Piraquara, Paraná. Sendo Floresta Ombrófila Mista - FOM (linha contínua), Transição (linha pontilhada), Floresta Ombrófila Densa - FOD1 (linha tracejada e pontilhada) e FOD2 (linha tracejada).

**Figura 6.** Distribuição de riqueza (a) e abundância (b) de anuros entre os ambientes de cada área dos Mananciais da Serra, município de Piraquara, Paraná. Sendo: área de Floresta Ombrófila Mista (FOM), área de Transição e áreas de Floresta Ombrófila Densa Montana (FOD1 e FOD2).

**Figura 7.** Análise de correspondência sem tendência (DCA), com a distância de Bray-Curtis, demonstrando nos eixos DCA1 e DCA2 o padrão de distribuição da abundância das espécies de anuros nos ambientes (floresta, poça, riacho, brejo e pastagem), destacados em vermelho, presentes nas áreas dos Mananciais da Serra, município de Piraquara, Paraná. Sendo: (a) área de Floresta Ombrófila Mista (FOM); (b) área de Transição; (c) área de Floresta Ombrófila Densa (FOD1); e (d) área de Floresta Ombrófila Densa (FOD2).

**Figura 8.** Frequência relativa (%) do índice de sobreposição de Nicho de Czekanowski, considerando a abundância de anuros nos ambientes em cada área dos Mananciais da Serra, município de Piraquara, Paraná. Sendo: área de Floresta Ombrófila Mista (FOM), área de Transição e áreas de Floresta Ombrófila Densa Montana (FOD1 e FOD2).

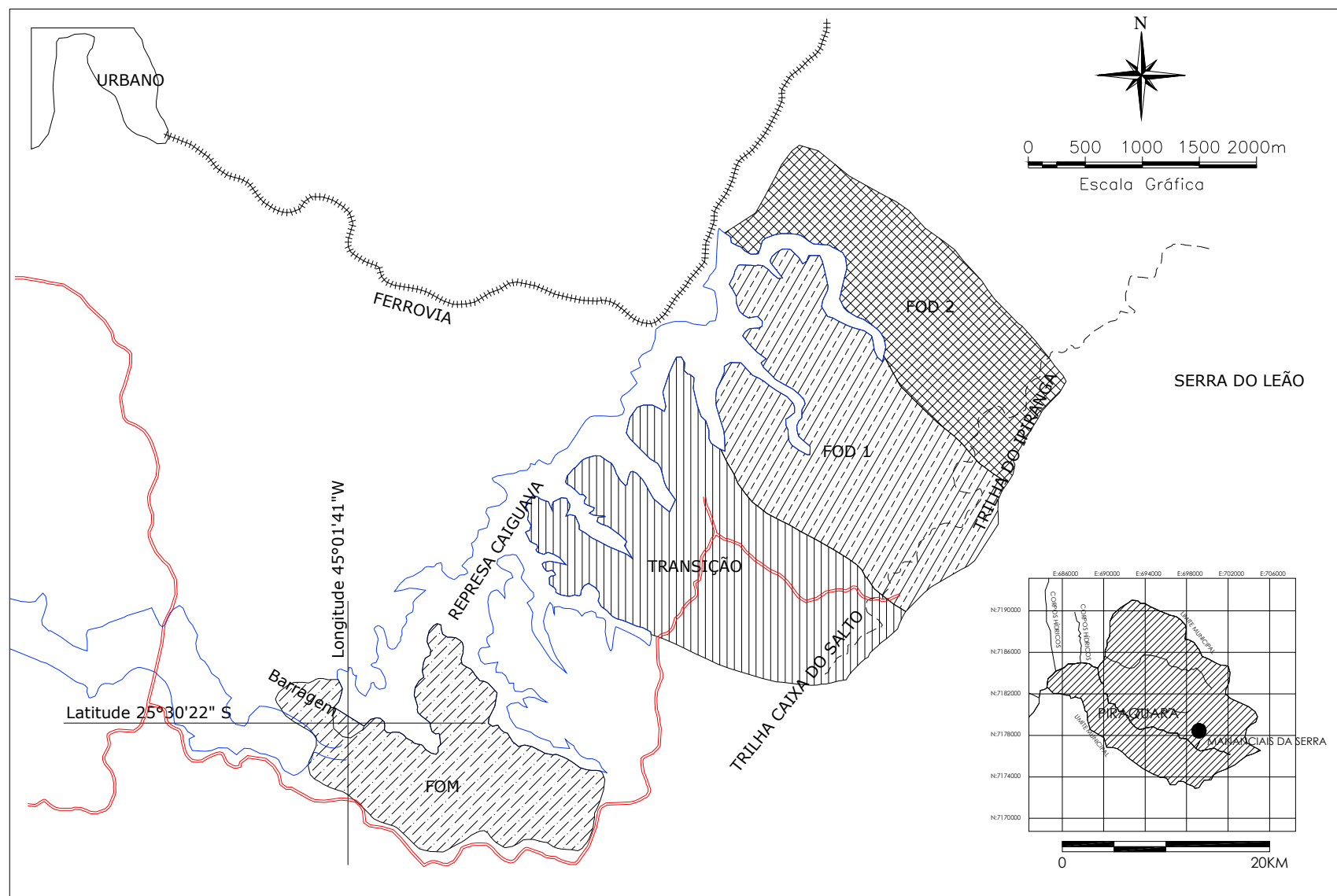


Figura 1

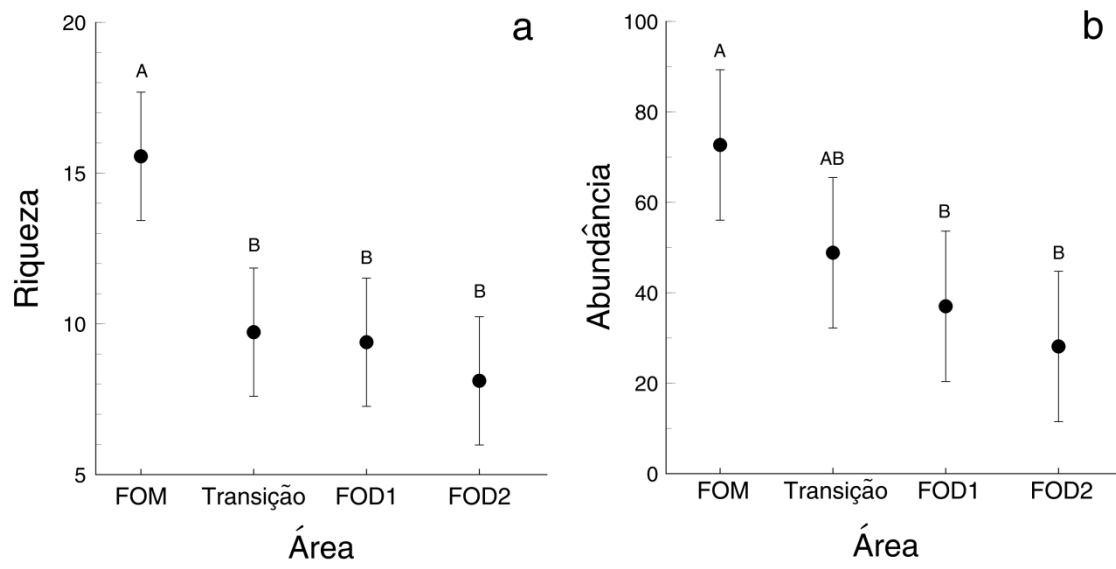


Figura 2



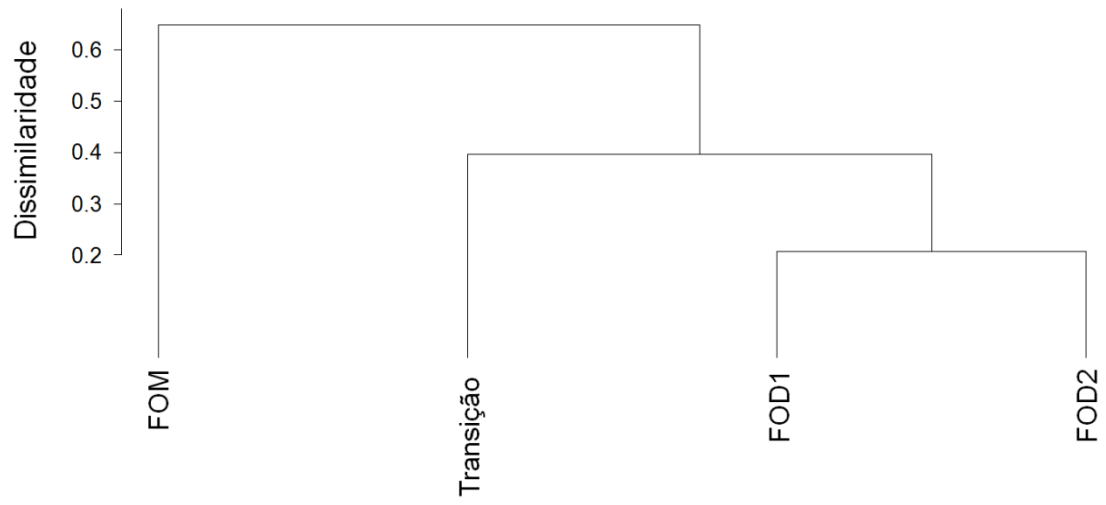


Figura 3

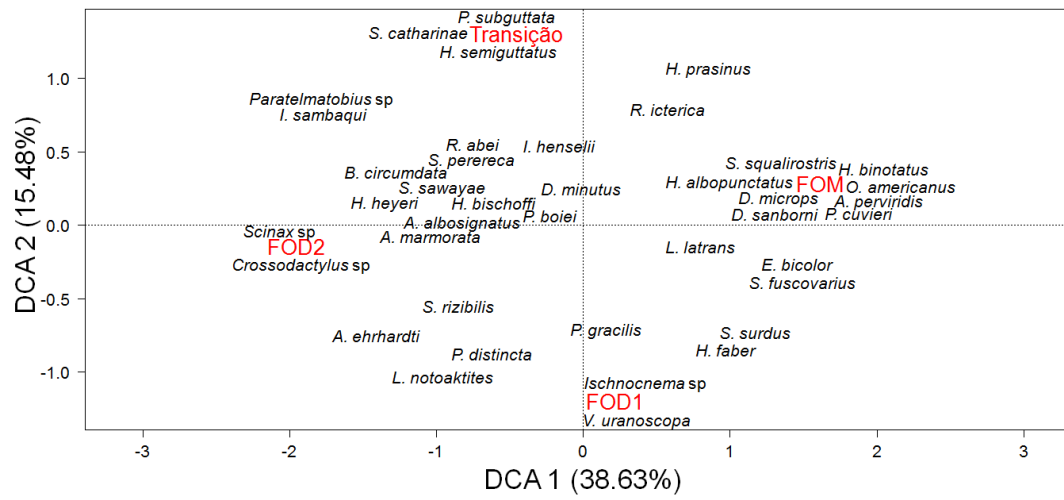


Figura 4

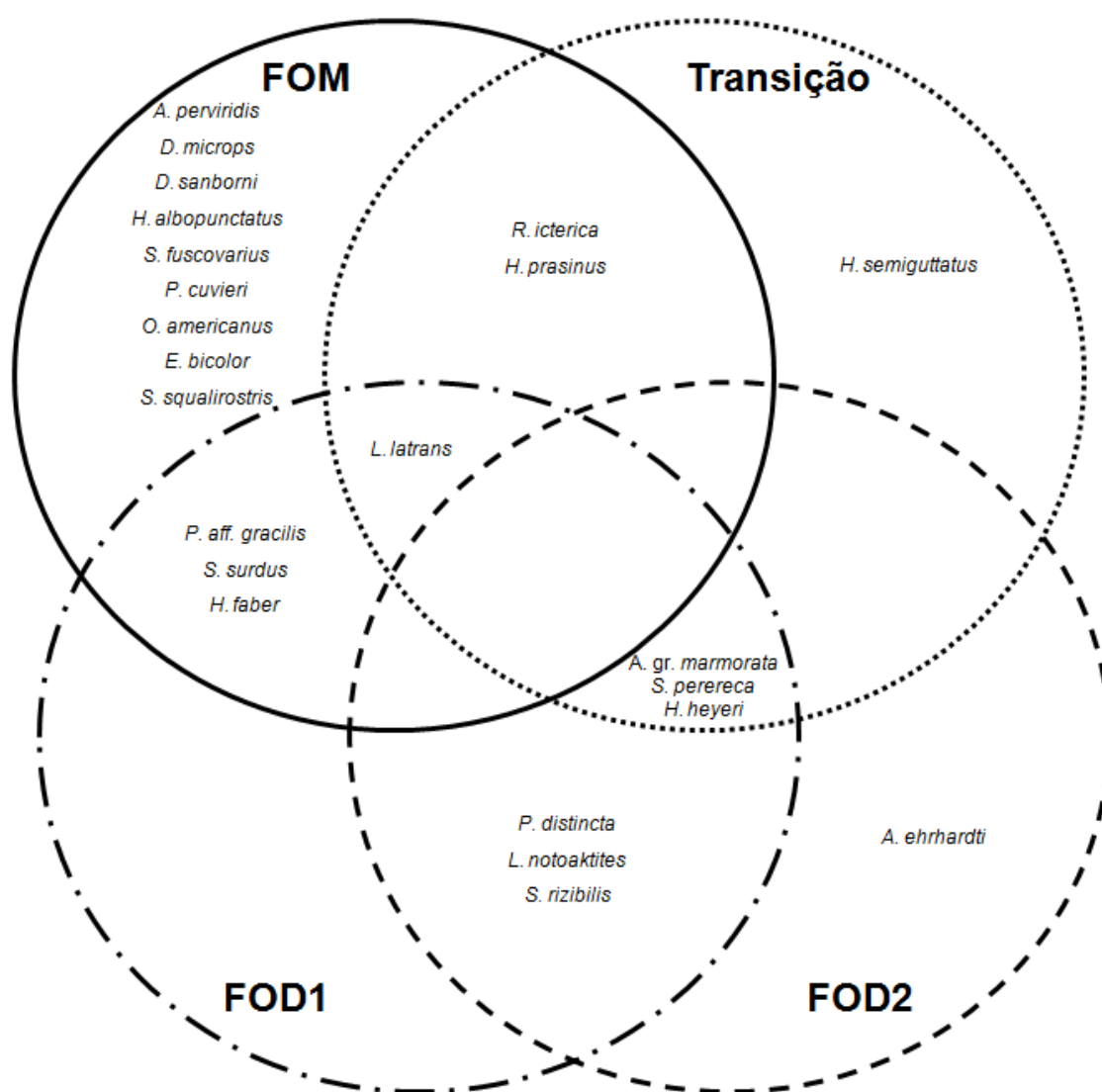


Figura 5

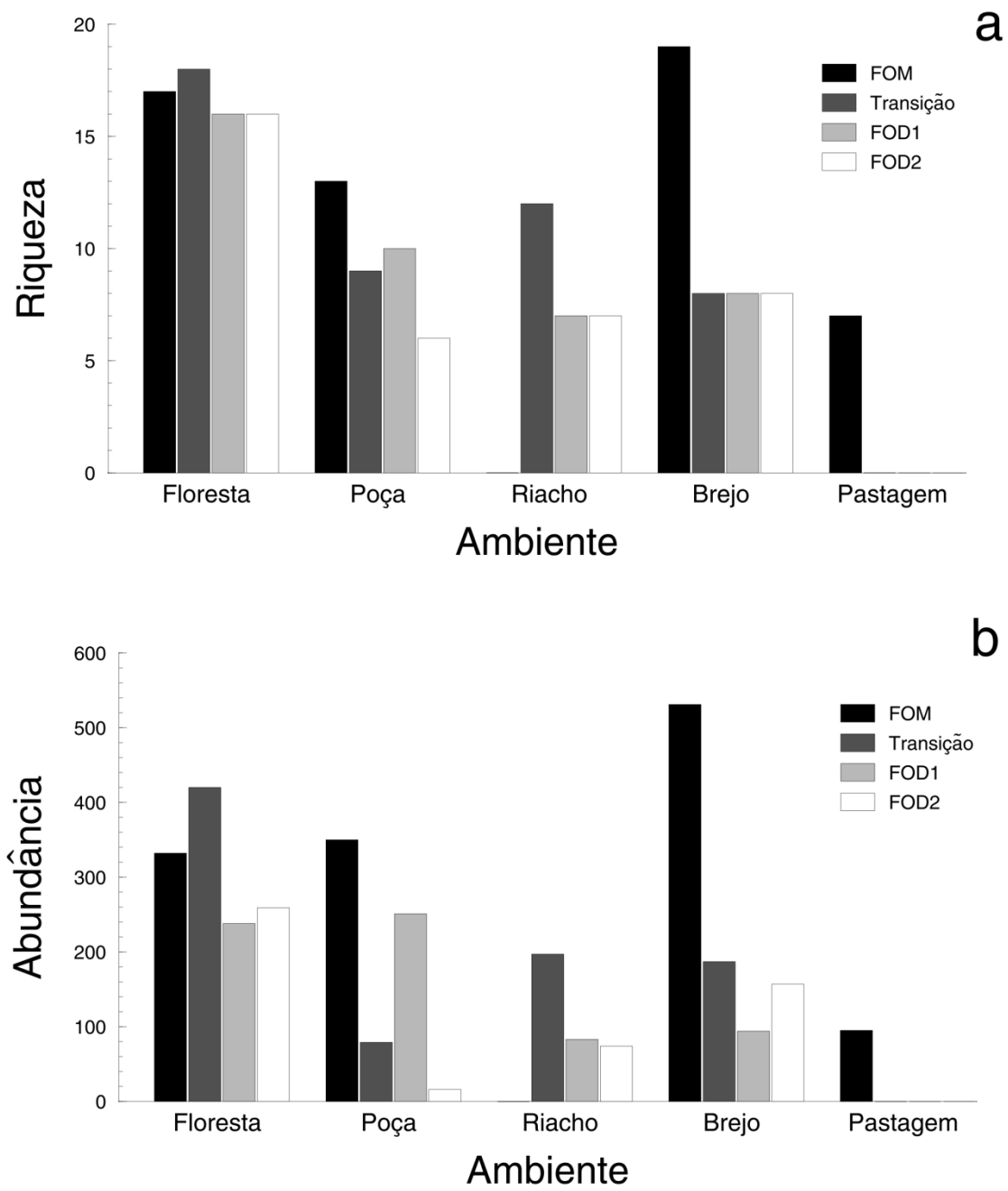


Figura 6

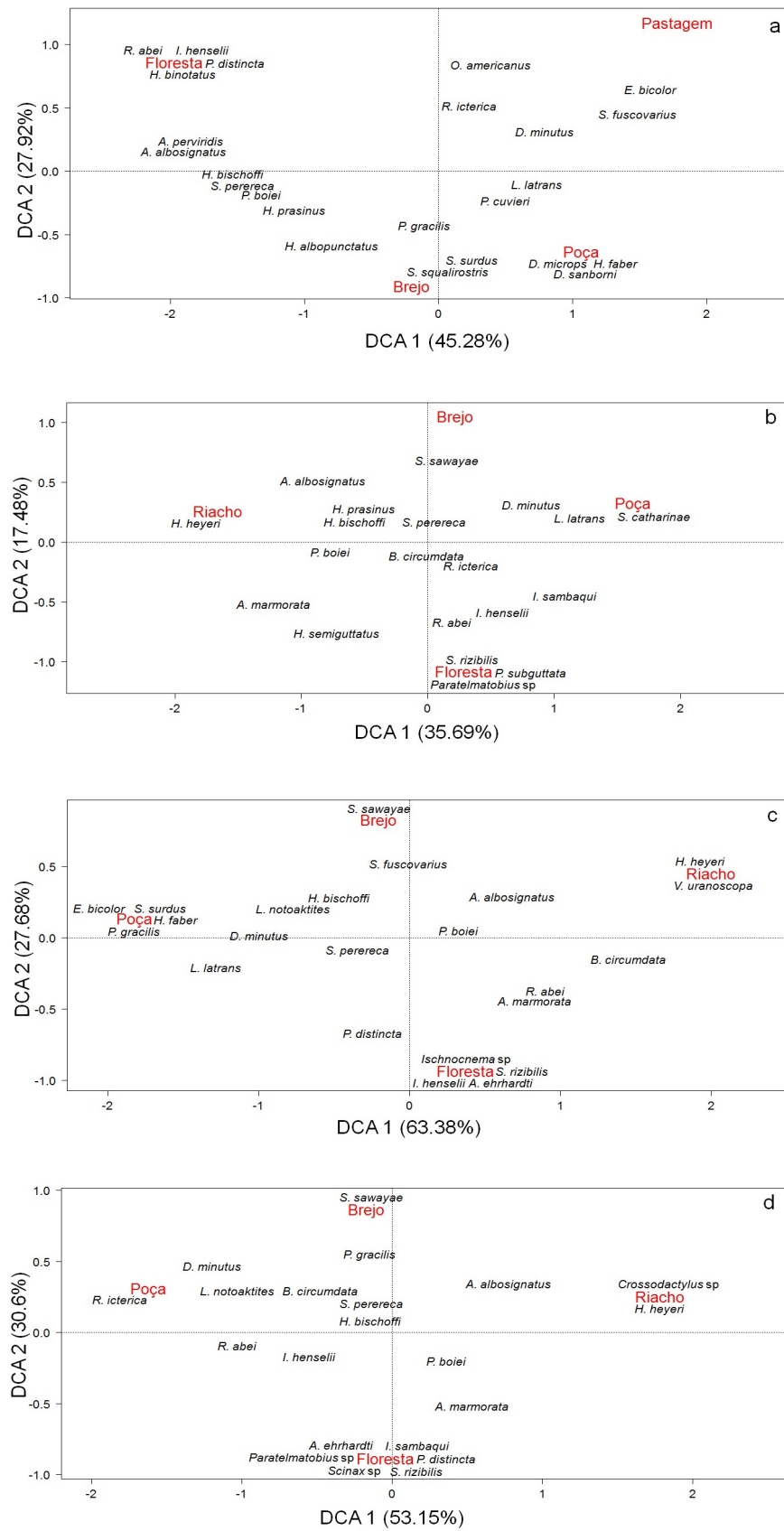


Figura 7

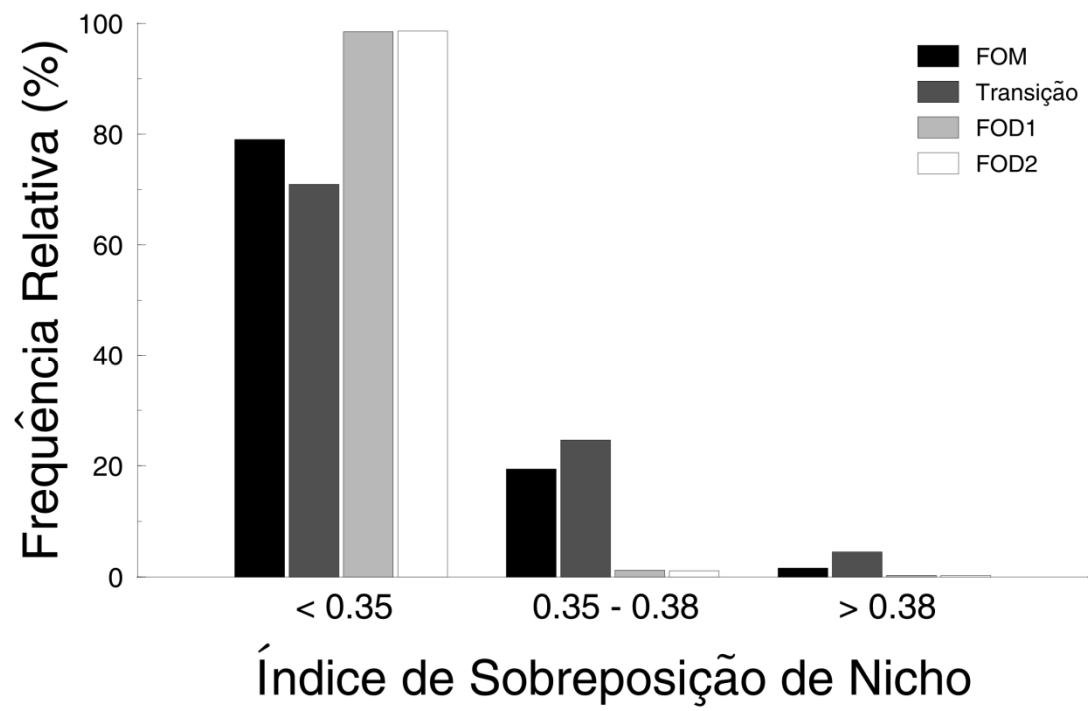


Figura 8

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho forneceu a informação básica de qualquer estudo de ecologia de comunidades, a composição de espécies de anuros da região dos Mananciais da Serra, preenchendo uma lacuna importante no conhecimento da anurofauna no primeiro planalto paranaense. E, além disso, aborda aspectos teóricos relacionados à composição e estruturação das comunidades, por meio da análise de distribuição temporal e espacial das espécies dessa comunidade.

A composição da comunidade de anuros dos Mananciais da Serra é característica de uma região de ecótono, exibindo uma expressiva riqueza de espécies (41 táxons), que abrange espécies típicas da Floresta Ombrófila Mista e, também, da Floresta Ombrófila Densa. A partir dos resultados deste trabalho, pode-se concluir que a composição de espécies é influenciada tanto pelos componentes temporais (estações) quanto espaciais (formações vegetais), que atuam como fatores estruturadores da comunidade.

Temporalmente, existe um padrão sazonal claro, evidenciado pelas diferenças na riqueza/abundância entre as estações e, também, pela relação dessas variáveis bióticas com os fatores abióticos estudados (temperatura do ar, temperatura da água e umidade relativa do ar). Da mesma forma, essa variação sazonal determinou padrões de abundância diferentes em cada estação, de acordo com o ajuste de modelos de distribuição de espécies, bem como implica em partilha de nicho entre as principais estações (quente/chuvosa e fria/seca).

No contexto espacial, a composição das espécies variou entre as diferentes áreas amostradas, o que, possivelmente, reflete um gradiente entre a Floresta Ombrófila Mista, área de transição e a Floresta Ombrófila Densa Montana. Em menor escala, as comunidades estão estruturadas pelo uso de diferentes ambientes (floresta, brejo, riacho, poça e pastagem), vemos que as comunidades estão estruturadas entre estes ambientes, havendo partilha de nicho e, por consequência, baixa sobreposição no uso do recurso por parte das espécies.

De forma geral, sabe-se que os processos que regulam as regras de reunião de espécies, em escala local, podem ser explicados por mais de um modelo (e.g. tempo e espaço) atuando simultaneamente. No entanto, mesmo tratando-se de um estudo com perspectiva local e a curto/médio prazo, a forte associação entre os fatores temporal e

espacial e a composição da comunidade de anuros dos Mananciais da Serra, sugerem a influência de processos ecológicos baseados em partilha de nicho nas regras de agrupamento das espécies.